الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R F.1509-2

(2013/02)

الخصائص التقنية والتشغيلية الكفيلة بتيسير التقاسم بين أنظمة الاتصالات من نقطة-إلى-عدة نقاط للخدمة الثابتة وخدمة ما بين السواتل في النطاق GHz 27,5-25,25

السلسلة F

الخدمة الثابتة

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيـــد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنـــوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	**الخدمة الثابتة**
M	الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
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، 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).

التوصيـــة ITU-R F.1509-2*

الخصائص التقنية والتشغيلية الكفيلة بتيسير التقاسم بين أنظمة الاتصالات من نقطة–إلى– عدة نقاط للخدمة الثابتة وخدمة ما بين السواتل في النطاق GHz 27,5-25,25

(المسألتان ITU-R 118/7 وITU-R 252/5)

(2013-2009-2001)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية القيم القصوى لكثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (.e.i.r.p) في المحطة المركزية للإرسال ومحطات المشترك للإرسال من نقطة–إلى–عدة نقاط من الخدمة الثابتة إلى مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض بهدف تيسير التقاسم مع خدمة ما بين السواتل في النطاق GHz 27,5-25,25. وتراعي القيمة المرجعية لكثافة القدرة .e.i.r.p في هذه التوصية الحاجة إلى الإرسال على مستوى الحد الأدنى اللازم نظراً للأخذ في الحسبان التحكم الأوتوماتي في قدرة المرسل (ATPC) في محطات الخدمة الثابتة في حال حدوث الهواطل.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن النطاق GHz 27,5-25,25 موزع على الخدمة الثابتة والخدمة المتنقلة وخدمة ما بين السواتل على أساس أولي؛

ب) أنه من المتوقع، إضافة لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة–إلى–نقطة، تشغيل أنظمة خدمة ثابتة من نقطة–إلى–عدة نقاط في النطاق GHz 27,5-25,25؛

ج) أن وصلات الاتصالات الراديوية فضاء-فضاء في خدمة ما بين السواتل تستعمل في النطاق GHz 27,5-25,25؛

د) أن ثمة وصلات فضاء-فضاء قائمة بين سواتل المستعملين في المدار المنخفض وسواتل ترحيل البيانات (DRS) المستقرة بالنسبة إلى الأرض وأن ثمة نظام اتصالات للعمليات القريبة (POCS) بين المستعملين قرب محطات المدار المنخفض الفضائية؛

هـ) أن هذه الوصلات وخاصة منها الوصلات فضاء-فضاء لشبكة ساتل ترحيل بيانات مخصصة للعمل بهوامش تتراوح بين dB 2 وdB 4؛

و) أن الوصلات الساتلية حساسة للتداخل الناجم عن إرسالات أنظمة الخدمة الثابتة الواقعة في مجال الرؤية في منطقة جغرافية شاسعة؛

ز) أن تحديد مواقع مدارية معينة وحمايتها بدلاً من القوس المداري ستحد من العبء المفروض على الخدمة الثابتة لتقاسم النطاق وخاصة بالنسبة إلى تلك المحطات الواقعة على ارتفاع عالٍ،

* أعدت لجنتا الدراسات 7 و9 لقطاع الاتصالات الراديوية هذه التوصية، أما المراجعة لاحقاً فستجريها لجنتا الدراسات 5 و7.

وإذ تدرك

1 أن معايير حماية وصلات نظام POCS ترد في التوصية ITU-R SA.609، ومعايير حماية وصلات الساتل DRS في التوصية ITU-R SA.1155؛

2 أن عدداً محدوداً من شبكات السواتل DRS، وفقاً للتوصية ITU-R SA.1018، موزع أو قيد التنفيذ في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض في مواقع مدارية محددة في التوصية ITU-R SA.1276-3 (انظر الملاحظة 1)؛

3 أن التوصية ITU-R F.758 تقدم مجموعة واسعة ومتنوعة من معلمات الأنظمة اللاسلكية الثابتة المعممة من خلال أنظمة تمثيلية لمديات تردد محددة،

توصي

1 بالنسبة لكل مرسل محطة مركزية لشبكة خدمة ثابتة من نقطة–إلى–عدة نقاط (P-MP FS) تعمل في النطاق GHz 27,5-25,25 (انظر الملحق 1 للحصول على حدود كثافة القدرة .e.i.r.p):

1.1 ألا تتجاوز الكثافة الطيفية القدرة .e.i.r.p لإرسال في اتجاه أي موقع مدار ساتلي مستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) محدد في التوصية ITU-R SA.1276 القيم التالية في أي نطاق قدره 1 MHz في زاوية ارتفاع θ فوق المستوى الأفقي المحلي (انظر الملاحظات 1 و2 و3):

+8	dBW	for $0° \le \theta \le 20°$
$+14 - 10 \log(\theta/5)$	dBW	for $20° < \theta \le 90°$

2.1 أن لا تتجاوز الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p لإرسال ما القيم التالية في أي نطاق قدره 1 MHz في زاوية ارتفاع θ فوق المستوي الأفقي المحلي:

+14	dBW	for $0° \le \theta \le 5°$
$+14 - 10 \log(\theta/5)$	dBW	for $5° < \theta \le 90°$

3.1 بأنه يمكن في حالات التوهين الناجم عن الهواطل بين محطات الإرسال المركزية ومحطات الاستقبال في الخدمة الثابتة، أن تستعمل محطة الإرسال المركزية التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) من أجل زيادة قدرة إرسالها بمقدار لا يتجاوز التوهين الناجم عن الهواطل، بحيث لا تتعدى الكثافة الطيفية لقدرتها .e.i.r.p في اتجاه أي موقع في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض. ومحدد في التوصية ITU-R SA.1276 القيمة +17 dBW في أي نطاق قدره 1 MHz؛

2 بضرورة أن تمتثل الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p لإرسال كل محطة مشتركة في شبكة P-MP FS تعمل في النطاق GHz 27,5-25,25 للبندين 2 و3 من الفقرة *توصـــي* من التوصية ITU-R F.1249؛

3 بأن تشكل الملاحظات التالية 1 و2 و3 جزءاً من هذه التوصية:

الملاحظـــة 1 – تُحدد التوصية ITU-R SA.1276-3 المواقع المدارية التالية لسواتل ترحيل البيانات 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، 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، 170° غرباً، 171° غرباً، 174° غرباً.

عند مراجعة التوصية ITU-R SA.1276 لإضافة المواقع المدارية الجديدة لسواتل ترحيل البيانات (DRS)، يقتصر تطبيق حماية المواقع المدارية الجديدة في مراجعة هذه التوصية على محطات الخدمة الثابتة التي يتم تركيبها بعد تاريخ إنفاذ التوصية المراجعة ITU-R SA.1276.

الملاحظـــة 2 – ينبغي حساب الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p المشعّة باتجاه موقع ساتل DRS مستقر بالنسبة للأرض على أنها ناتج جمع الكثافة الطيفية لقدرة الإرسال وكسب الهوائي شامل الاتجاهات أو الهوائي القطاعي الموجه إلى الساتل DRS. وفي غياب مخطط إشعاع هوائي المحطة المركزية، ينبغي استعمال مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في التوصية ITU-R F.1336. كما ينبغي أن تراعي الحسابات آثار الانكسار الجوي والمستوى الأفقي المحلي. ويقدم الملحق 2 طريقة لحساب زوايا الفصل.

الملاحظـــة 3 – في حالة محطة مركزية تعمل بتشغيل تردد واحد يستعمل أيضاً للإرسال والاستقبال على أساس تقسيم الزمن، يمكن خفض حد الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p الواردة في البند 1.1 من *توصي* لتصبح $7 \log (1/\delta)$ dB حيث يكون عامل الانتشار $(1 > \delta > 0)$ δ النسبة الزمنية التي ترسل خلالها محطة مركزية إشارات إرسال. لكن، ينبغي ألاّ يتعدى هذا الخفض مقدار 3 dB، حتى عندما تكون القيمة δ ضئيلة.

الملحق 1

تقدير التوزيع المكاني والزمني للتداخل الناجم في أنظمة السواتل DRS والأنظمة POCS عن إرسالات محطات مركزية P-MP للخدمة الثابتة تعمل في النطاق GHz 27,5-25,25

1 مقدمة

يعرض هذا الملحق كيفية تقدير محاكاة حاسوبية للتوزيع المكاني والزمني للتداخل الناتج في سواتل ترحيل البيانات (DRS) الموجودة في مواقع مدارية محددة وفي أنظمة اتصالات العمليات القريبة (POCS) عن إرسالات المحطات المركزية لأنظمة الإرسال من نقطة–إلى–عدة نقاط في الخدمة الثابتة (P-MP FS) المنتشرة في العالم والعاملة في النطاق GHz 27,5-25,25. وغالباً ما تسمى الأنظمة P-MP FS أنظمة الخدمة المحلية للتوزيع متعدد النقاط (LMDS). ويفترض لأغراض هذه الدراسة أن قيمة الذروة للكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p لكل حزمة في كل محطة مركزية هي +8 dB(W/MHz) ويشار إليها في التقرير ITU-R F.2108 كقيمة نموذجية للمحطات المركزية في الأنظمة من نقطة إلى عدة نقاط. ولا تتجاوز محطة إرسال واحدة للأنظمة LMDS تعمل بكثافة طيفية .e.i.r.p قدرها +8 dB(W/MHz) مستوى الحماية المحدد في التوصية ITU-R SA.1155، مهما كان موقعها الجغرافي بالنسبة إلى الموقع المداري لساتل DRS. ويجب عدم تجاوز مستوى الحماية البالغ –148 dB(W/MHz) خلال أكثر من 0,1% من الدور المداري. غير أن الأثر التراكمي لعدة محطات إرسال من النظام LMDS تستعمل نفس القناة في مركز تجمع سكاني حضري من شأنه أن يسبب في بعض الأوضاع الإحداثية تداخلات يتجاوز مستواها المستوى المطلوب لحماية السواتل DRS.

وتصف الفقرة 2 الطريقة والفرضيات المستخدمة في تقييم التوزيع المكاني والزمني للتداخلات في السواتل DRS. ويضم هذا الملحق دراستين، الدراسة A والدراسة B، تردان في الفقرتين 3 و4 على التوالي. وتفترض الدراسة A كثافة طيفية للقدرة .e.i.r.p قدرها +8 dB(W/MHz) بينما تستعمل الدراسة B كثافة طيفية للقدرة .e.i.r.p قدرها +14 dB(W/MHz). وتقدم الفقرة 3 التوزيع المكاني للتداخلات في سواتل DRS موجودة في مواقع مدارية محددة. كما تبين أن التداخل قد يتجاوز بمقدار 9 dB مستوى التداخل الموصى به عند إرسال كثافة طيفية للقدرة .e.i.r.p إلى المستوى المحلي الأفقي من منطقة خدمة تضم 29 محطة مركزية تقع على خط البصر من الساتل DRS وتعمل بكثافة قدرها +8 dB(W/MHz). وتعرض الفقرة 3 أيضاً نتائج المحاكاة الدينامية التي تتيح تحديد الخصائص الزمنية للتداخلات في ساتل DRS يعمل على تتبع ساتل مستعمل في مدار منخفض له الخصائص المدارية للمحطة الفضائية الدولية. ويبدو أن فترة التداخلات قد تكون في لحظة من الزمن أعلى من 0,1% من الدور المداري لساتل المستعمل وذلك عندما يقع ساتل المستعمل على نفس خط مراكز التجمعات السكنية الحضرية التي تظهر على حافة الأرض أو بقربها وذلك بسبب العدد القليل للمدارات التي تحتوي على عقدة صاعدة. وتعرض الفقرة 4 نتائج الدراسة B. وتصف الفقرة 5 طريقة بسيطة لتطبيق نتائج هذه الدراسة في نشر الأنظمة LMDS باستعمال خلايا أصغر. أما الفقرة 6 فتتناول بالدراسة التداخلات في الأنظمة POCS. وتبين أن التداخل التراكمي الناتج عن المحطات المركزية لأنظمة LMDS في هوائيات مستقبلات النظام POCS أقل بكثير، وبصورة دائمة، من معيار الحماية البالغ –147 dB(W/MHz)، وذلك بافتراض كثافة طيفية للقدرة .e.i.r.p قدرها +14 dB(W/MHz). وتقدم

الفقرة 7 الاستنتاجات التي توصلت إليها الدراسة وتقترح الخصائص التي من شأنها تسهيل التقاسم بين أنظمة الخدمات العالمية الفضائية وأنظمة خدمة ما بين السواتل والأنظمة P-MP FS.

2 الطريقة

استخدمت عمليات محاكاة حاسوبية لتقييم التوزيع المكاني والزمني للتداخل الناتج في السواتل DRS عن إرسالات عدد كبير محتمل لأنظمة P-MP FS ذات كثافة عالية تعمل في النطاق GHz 27,5-25,25. وينطوي النهج الأساسي المستخدم في المحاكاة على نشر عدد من المحطات المركزية للنظام LMDS في مراكز تجمع سكاني حضري ثم تحديد مكان وزمن التداخل الناجم عن هذا الانتشار. ومن أجل تحديد التوزيع المكاني يحسب التداخل التراكمي الحاصل في ساتل DRS في موقع مداري معين كلما جرى مسح بالتمايل وبالتمور لهوائي الاستقبال مرتفع الكسب للساتل DRS. ويرد هذا النهج في الفقرة 1.2. ويرد وصف النهج المستخدم في تحديد خصائص التداخل الزمنية في الفقرة 2.2. وفي الحالتين تأخذ عملية المحاكاة في الحسبان الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. وكسب محطة إرسال النظام LMDS المتجهة نحو الساتل DRS؛ والامتصاص الجوي؛ وخسارة المسير؛ وكسب هوائي استقبال الساتل DRS المتجهة نحو محطة النظام LMDS المسبب للتداخل.

1.2 التوزيع المكاني

يفترض نشر محطات النظام LMDS في تشكيلات خلوية في تجمعات سكانية حضرية من أجل توفير خدمات اتصالات رقمية إذاعية أو تفاعلية بمعدل متوسط أو عال إلى الشركات والدوائر الحكومية والأفراد. وتشمل هذه الخدمات النفاذ إلى الإنترنت والمهاتفة والبيانات والفيديو على سبيل المثال. ويفترض لأغراض هذه الدراسة أن الإرسالات المتراكمة في نفس القناة والواردة من منطقة خدمة النظام LMDS في منطقة الخدمة. كما يفترض أن هوائي إرسال واحد يتيح تمثيلاً مقبولاً لتوزيع الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. المشعة فوق المستوي الأفقي المحلي.

وقد افترض في عمليات المحاكاة هذه لكل محطة مركزية كثافة طيفية للقدرة e.i.r.p. قدرها +8 dB(W/MHz)[1] وأن الانبعاثات المتراكمة في النظام LMDS الناجمة عن منطقة خدمة معينة للنظام تتناسب طرداً مع عدد المحطات المركزية الموجودة في مركز التجمع السكاني الحضري.

وفيما يلي النموذج الخاص المستخدم في المحاكاة. ويمكن التعبير عن القدرة الواردة في محطة إرسال بعيدة على النحو التالي:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r}{l_1 l_2 l_3} \quad (1)$$

حيث:

P_r: هي الكثافة الطيفية للقدرة الواردة في خرج هوائي في نطاق تردد معين (تعتبر لأغراض هذه الدراسة، أنها كثافة طيفية للقدرة (W/MHz))

P_t: القدرة المرسلة عند دخل الهوائي في نطاق تردد محدد للقدرة الواردة (تعتبر لأغراض هذه الدراسة بأنها كثافة طيفية (W/MHz))

G_t: كسب هوائي الإرسال في اتجاه محطة الاستقبال نسبةً إلى مصدر مشع متناح (رقمي)

G_r: كسب هوائي الاستقبال في اتجاه محطة الإرسال نسبةً إلى مصدر مشع متناح (رقمي)

l_1: خسارة الانتشار في الفضاء الحر (رقمي)

l_2: خسارة، غير الخسارة l_1، ناجمة عن عدة آثار جوية ثابتة أو مرتبطة بالوقت (رقمي)

[1] يفترض في هذه الدراسة أن حزمة المحطة المركزية تشع قيمة ذروة قدرها +8 dB(W/MHz) في زاوية ارتفاع 0º وفي جميع اتجاهات السمت اعتباراً من المحطة المركزية. ويفترض أيضاً أن قطاعات الهوائي المجاورة تعمل بالتردد ذاته مع استقطابات خطوط مستقيمة متعامدة.

l_3: خسارة ناجمة عن اقتران الاستقطاب (رقمي) تكون مساوية للوحدة إذا كان هوائيا الإرسال والاستقبال متحدَّي الاستقطاب.[2]

ويعبر عن خسارة الانتشار في الفضاء الحر في الصيغة التالية:

$$l_1 = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad (2)$$

حيث:

d: المسافة (m) بين محطة الإرسال ومحطة الاستقبال

λ: طول الموجة (m).

وتنشئ محطات الإرسال العاملة بنفس التردد وصلة راديوية مع المستقبل. والقدرة الواردة من كل وصلة من هذه الوصلات (n) التي يفترض أن تبث إشارات غير مترابطة، تتجمع لتشكل قدرة تراكمية واردة يعبر عنها في المعادلة:

$$P_r = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{ti} G_{ti} G_{ri}}{l_{1i} l_{2i} l_{3i}} \quad (3)$$

حيث طرفا المعادلة هما القيمتان المحددتان أعلاه من خلال جمع الدليل i الذي يدل على كل وصلة.

والتداخل التراكمي هو مجموع التداخلات التي تسببها كل محطة إرسال. ويتوقف التداخل الناجم عن كل محطة إرسال بصورة رئيسية على كسب هوائيي الإرسال والاستقبال وعلى زاوية خارج محور هذين الهوائيين.

ومن أجل تسريع الحساب وعلماً بأن بعض الأطراف ثابتة عملياً في نفس منطقة الانتشار، يمكن صياغة المعادلة (3) على النحو التالي:

$$P_r = \sum_{i=1}^{m} \frac{G_{ti} G_{ri} \sum_{j=1}^{q} P_{tij}}{l_{1i} l_{2i} l_{3i}} \quad (4)$$

حيث:

q: عدد المحطات المركزية في منطقة انتشار ما

m: عدد مناطق الانتشار.

وقد بينت دراسات لاحقة أن الخطأ الذي نجم عن تبسيط المعادلة (4) فيما يتعلق بسيناريوهات المحاكاة، يقل عن 1 dB.

ويفترض أن انتشار الأنظمة LMDS يقابل 431 مركز تجمع سكاني حضري من 750 000 نسمة في عام 2015 حسب تقديرات الأمم المتحدة (انظر المدن الكبرى، 1950-2015 (مراجعة عام 1996)، شعبة السكان للأمم المتحدة، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية، 1996، (متاح على قرص مرن)).

وفيما يلي العلاقة التجريبية التي تعطي نصف قطر R_P (km) منطقة دائرية مكافئة تضم مجموع عدد سكان P:

$$R_p = \alpha \times P^{\beta} \quad (5)$$

[2] يفترض أن l_3 تساوي 2، إذا كانت الحزم الرئيسية لهوائي الإرسال ذات الاستقطاب الخطي (الاستعمال الشائع في الخدمة الثابتة) وهوائيات الاستقبال المستقطبة دائرياً في الساتل متراصفة.

وأعطت القيمتان $\alpha = 0{,}035$ و$\beta = 0{,}44$ في الولايات المتحدة الأمريكية نتائج مرضية. كما أن القيمتين $\alpha = 0{,}0155$ و$\beta = 0{,}44$ أتاحتا تقديراً جيداً في مناطق أخرى من العالم.

وقد استعملت المعادلة (5) لتقدير عدد المحطات المركزية اللازمة لخدمة منطقة تضم جميع سكان مدينة كبرى. وبافتراض أن كل محطة مركزية تغطي منطقة دائرية نصف قطرها R_h، يكون عدد المحطات المركزية (N) هو:

$$N = \text{Int}\left(\eta \left(\frac{R_p}{R_h} \right)^2 + 0{,}5 \right) \tag{6}$$

حيث:

N: عدد المحطات المركزية لنصف القطر المفترض للخلية

Int(): القيمة الصحيحة للزاوية

R_p: نصف قطر مكافئ لمنطقة المدينة (km)

R_h: نصف قطر خلية نمطية من النظام LMDS (km)

η: معامل الانتشار ($0 < \eta \leq 1$).

وافترض في عمليات المحاكاة أن نصف قطر الخلية يساوي 5 km ومعامل الانتشار 0,30. وتراعي قيمة معامل الانتشار هذه العوامل الاقتصادية والديمغرافية والجغرافية، وقد تعتمد بعض الإدارات سياسة عدم استعمال أنظمة الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-عدة نقاط (P-MP FS) للنطاق المعني. وتبين بعض الحسابات التي أجريت استناداً إلى قاعدة بيانات الأمم المتحدة بشأن عدد السكان وإلى المعادلتين (5) و(6) أن أكبر عدد محطات مركزية هو في نيويورك (35 محطة)، الولايات المتحدة الأمريكية، وفي طوكيو (11 محطة)، اليابان. وينتج عن استعمال الطريقة ما مجموعة 944 محطة مركزية تشترك بنفس التردد منتشرة في أرجاء العالم. ويجدر بالذكر أن الانتشار على الصعيد العالمي الوارد في هذا الملحق يقتصر على المحطات المركزية التي تعمل بنفس التردد.

ويستند نموذج الإشعاع المرجعي لهوائيات المحطات المركزية إلى التوصية ITU-R F.1336. وينتج النموذج شامل الاتجاهات عن استعمال أربعة هوائيات قطاعية كسب كل منها 15 dBi وفتحة حزمته 3 dB بزاوية 90º في المستوى الأفقي. كما افترض تمييز استقطاب قدره 3 dB لمراعاة اقتران محاور تسديد هوائي الإرسال ذي الاستقطاب الخطي للمحطة المركزية من جهة وهوائي الاستقبال ذي الاستقطاب الدائرة للساتل DRS من جهة أخرى. ويطابق مخطط الإشعاع المرجعي لهوائي الإرسال، إذا ما أسقطت زوايا الميل نحو الأسفل من الحساب، المخطط التالي في المستوي الشاقولي:

$$G(\theta) = G_0 - 12\left(\frac{\theta}{\varphi_3} \right)^2 \qquad \text{for } |\theta| \leq \varphi_3 \tag{7a}$$

$$G(\theta) = G_0 - 12 - 10\log\left(\frac{\theta}{\varphi_3} \right) \qquad \text{for } |\theta| > \varphi_3 \tag{7b}$$

حيث:

$G(\theta)$: الكسب نسبةً إلى هوائي متناح (dBi)

$G0$: أقصى كسب في المستوي الأفقي (dBi)

θ: زاوية الارتفاع مقيسة في المستوي الشاقولي (بالدرجات)

φ_3: فتحة الحزمة عند 3 dB في المستوي الشاقولي (بالدرجات).

$$\varphi_3 = \frac{31\,000 \times 10^{-0,1G_0}}{90} \quad (7c)$$

وقد روعي الامتصاص الجوي طوال المسار LMDS-DRS باتباع الصيغ المبينة أدناه والتي تطبق على نطاق الترددات GHz 27,5 طبقاً للتوصية ITU-R F.1404:

$$A_{LowLat} = 22,73 / \left[1 + 0,9463\,\theta + 0,03455\,\theta^2 + h(0,3232 + 0,4519\,\theta) + h^2(0,2486 + 0,1317\,\theta)\right] \quad (8a)$$

$$A_{MidLat} = 11,96 / \left[1 + 0,8121\,\theta + 0,03055\,\theta^2 + h(0,2619 + 0,4728\,\theta) + 1409\,h^2\right] \quad (8b)$$

$$A_{HiLat} = 8,77 / \left[1 + 0,8259\,\theta + h(0,2163 + 0,3037\,\theta) + 0,1067\,h\right] \quad (8c)$$

حيث:

A_{LowLat}: هو الامتصاص الجوي في مناطق خطوط العرض المنخفضة (بين ± 22,5º) (dB)

A_{MidLat}: الامتصاص الجوي في مناطق خطوط العرض المتوسطة (بين 22,5º و45º) (dB)

A_{HiLat}: الامتصاص الجوي في مناطق خطوط العرض المرتفعة (أعلى من 45º) (dB)

θ: زاوية الارتفاع (بالدرجات)، $0 \le \theta \le 90$º

h: ارتفاع هوائي الإرسال عن متوسط سطح البحر (km)، $h \ge 3$ km

ويفترض أن هوائي الإرسال في كل محطة في النظام LMDS تقع على ارتفاع 0,50 km فوق سطح البحر.

وتستعمل السواتل DRS هوائيات إرسال توجيهية بكسب مرتفع تتيح تتبع سواتل المستعملين في المدار المنخفض. والمتغيرات المستقلة فيما يتعلق بدراسة المكان هي: الموقع المداري للساتل DRS المستقر بالنسبة إلى الأرض (يفترض أن الميل المداري معدوم) وزوايا التمايل والتمور للهوائيات التوجيهية. وتتحدد زاوية التمايل والتمور في نظام إحداثيات كروية مركزها الساتل DRS. ومحور السينات متجه نحو الأرض ومحور العينات نحو متجه سرعة الساتل وتحور الصادات مواز لمحور دوران الأرض. واستناداً إلى تحديد نظام الإحداثيات المحلية على هذا النحو يسمى الدوران حول محور السينات تعرجاً والدوران حول محور العينات تمايلاً والدوران حول محور الصادات تموراً.

ويتحدد التوزيع المكاني للتداخل من خلال مسح هوائي استقبال الساتل DRS بالتمايل والتمور وبزيادة 0,2º كل مرة. وفي كل موقع تسديد لهوائي الساتل DRS يُحسب التداخل التراكمي الناجم عن إرسالات كل محطة في النظام LMDS تقع على خط البصر مع الساتل DRS مع الأخذ بالاعتبار لزاوية ارتفاع الساتل DRS والكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. لإرسالات النظام LMDS في اتجاه الساتل DRS والامتصاص الجوي والمدى وكسب هوائي استقبال الساتل DRS المتجه نحو المحطة LMDS. وقد افترض أن كسب هوائي استقبال الساتل DRS يساوي 58 dBi في محور التسديد وأن مخطط الإشعاع هو مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في التوصية ITU-R S.672 في هوائي تناظري دائري مستوى فصه الجانبي الأول يعادل –20 dB.

$$G(\varphi) = G_0 - 12\left(\frac{\varphi}{\varphi_3}\right)^2 \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi \le 1,29\,\varphi_3 \quad (9a)$$

$$G(\varphi) = G_0 - 20 \quad \text{for} \quad 1,29\,\varphi_3 < \varphi \le 3,16\,\varphi_3 \quad (9b)$$

$$G(\varphi) = G_0 - 20 - 25\log\left(\frac{\varphi}{3,16\varphi_3}\right) \quad \text{for} \quad 3,16\,\varphi_3 < \varphi \text{ and } G(\varphi) \ge 0 \quad (9c)$$

$$G(\varphi) = 0 \quad \text{otherwise} \quad (9d)$$

حيث:

$G0$: أقصى كسب في المحور (dBi)

$G(\varphi)$: الكسب خارج المحور

φ: زاوية انحراف عن المحور (بالدرجات)

φ_3: فتحة الحزمة عند dB 3 (بالدرجات).

$$\varphi_3 = \sqrt{27\,000 \times 10^{-0,1G_0}} \qquad (9e)$$

2.2 التوزيع الزمني

تتحدد الخصائص الزمنية للتداخل الناتج في نظام استقبال الساتل DRS عن طريق عملية محاكاة حاسوبية أيضاً لكن تستعمل في هذه الحالة المحاكاة الدينامية. أما الخصائص التقنية والتشغيلية للمحطات المركزية للنظام LMDS ونشرها المفترض فهي على النحو الوارد في الفقرة 1.2. ويفترض أن يكون الساتل DRS المزود بخصائص نظام الاستقبال على النحو المذكور في الفقرة 1.2 في موقع مداري معين مستقر بالنسبة إلى الأرض وأن يتتبع ساتلاً في مدار منخفض يرسل في اتجاه الساتل DRS. ويدور ساتل المدار المنخفض في مدار على ارتفاع 400 km وبزاوية ميل قدرها 51,6º نسبةً إلى خط الاستواء (خصائص مدارية نمطية للمحطة الفضائية الدولية). كما ترد أيضاً حالة مدار ساتل لمراقبة الأرض (EOS) على ارتفاع 800 km بزاوية ميل قدرها 98,6º في الفقرة 4. ويتوقع أن يتتبع هوائي استقبال الساتل DRS دون خطأ الساتل في المدار المنخفض بخطى تتدرج بزيادة قدرها ثانية واحدة في المدار. وفي كل موقع على طول المدار، يتحدد التداخل الناجم في نظام استقبال الساتل DRS عن إرسالات متراكمة للمحطات المركزية للنظام LMDS الواقعة في مجال الرؤية من أجل كل دورة مدارية في فترة مدتها 10 أيام. ويعرّف الدور المداري بأنه الزمن المنقضي بين مرورين متعاقبين في المستوى الاستوائي بالاتجاه جنوب-إلى-شمال.

3 نتائج للدراسة A

يبين الشكل 1 التوزيع العالمي لمناطق الانتشار وعددها 431 منطقة. وتعرض الفقرة 1.3 نتائج التوزيع المكاني الناتج لمجموعتين من المواقع المدارية للسواتل DRS. أما الخصائص الزمنية للتداخلات فترد في الفقرة 2.3.

الشـــكل 1

المواقع المفترضة للأنظمة LMDS

F.1509-01

1.3 التوزيعات المكانية

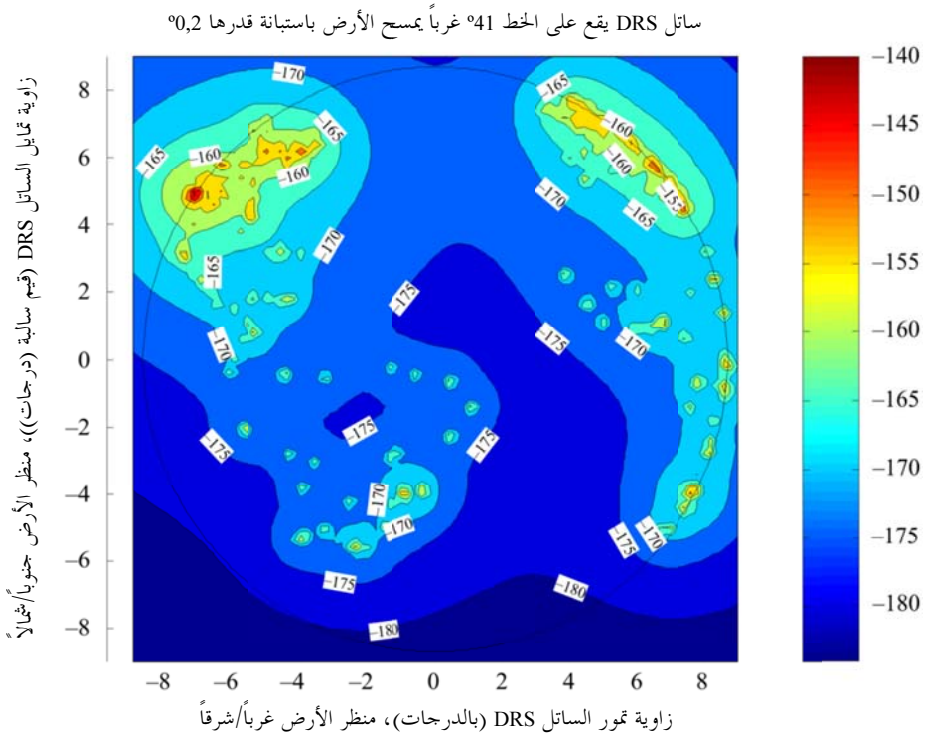
تم تعيين مجموعتين، تضم الأولى منهما المواقع المدارية للسواتل DRS التي تشغلها الولايات المتحدة الأمريكية. ويتحدد التوزيع المكاني للتداخل في السواتل DRS الموجودة في هذه المواقع المدارية من خلال زيادات لزوايا التمايل والتمور قدر الواحدة منها 0,2º. أما المجموعة الثانية فتضم جميع المواقع المدارية للسواتل DRS المذكورة في التوصية ITU-R SA.1276 باعتبارها مواقع مدارية يجب حمايتها من إرسالات أنظمة الخدمة الثابتة.

1.1.3 سواتل DRS في المواقع المدارية 41º غرباً و174º غرباً و85º شرقاً لخط الطول

يبين الشكل 2 مخطط محيط التوزيع المكاني للتداخلات في السواتل DRS المستقرة بالنسبة إلى الأرض والواقعة على خط الطول 41º غرباً. ويستند المخطط إلى كثافة طيفية للقدرة .e.i.r.p قدرها +8 dB(W/MHz) في المستوى الأفقي المحلي لكل محطة مركزية للنظام LMDS واقعة في خط البصر مع الساتل DRS. وتفضي زيادة الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p بمقدار 1 dB في سائر المحطات المركزية للنظام LMDS إلى زيادة في التداخلات في الساتل DRS قدرها 1 dB. ويبلغ التداخل مستواه الأقصى وهو –139 dB(W/MHz) عندما تصل زوايا تسديد هوائي الساتل DRS إلى 5º في عمليات المسح بالتمايل و–7,2º في عمليات المسح بالتمور، ويبلغ مستواه الأدنى، وهو –180 dB(W/MHz)، عندما يسدد هوائي استقبال الساتل DRS باتجاه القطب الجنوبي. وهذان المستويان أعلى بمقدار 9 dB أو أدنى بمقدار 32 dB من مستوى الحماية المحدد في التوصية ITU-R SA.1155. وبافتراض أن الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p في جميع المحطات المركزية تبلغ +8 dB(W/MHz)، فإن التداخل في الساتل DRS سيحصل أولاً عند تتبع سواتل المدار المنخفض قرب حافة الأرض عند النصف الشمالي للكرة الأرضية. ويجدر بالذكر أن المنطقة التي يتم فيها تجاوز مستوى حماية السواتل DRS صغيرة نسبياً وأن معظم مواقع المسح تتقيد بهذا المستوى.

الشـــكل 2

التوزيع المكاني للتداخل ((dB(W/MHz)) في ساتل DRS واقع على خط الطول 41º غرباً بافتراض 944 محطة مركزية تعمل بقدرة قدرها +8 dB(W/MHz) تنتج عن 431 مدينة في العالم. تمثل الدائرة الكبرى الأرض. يلاحظ أن مستويات التداخل أعلى من مستوى حماية السواتل DRS في منطقتين في أمريكا الشمالية ومنطقة واحدة في أوروبا

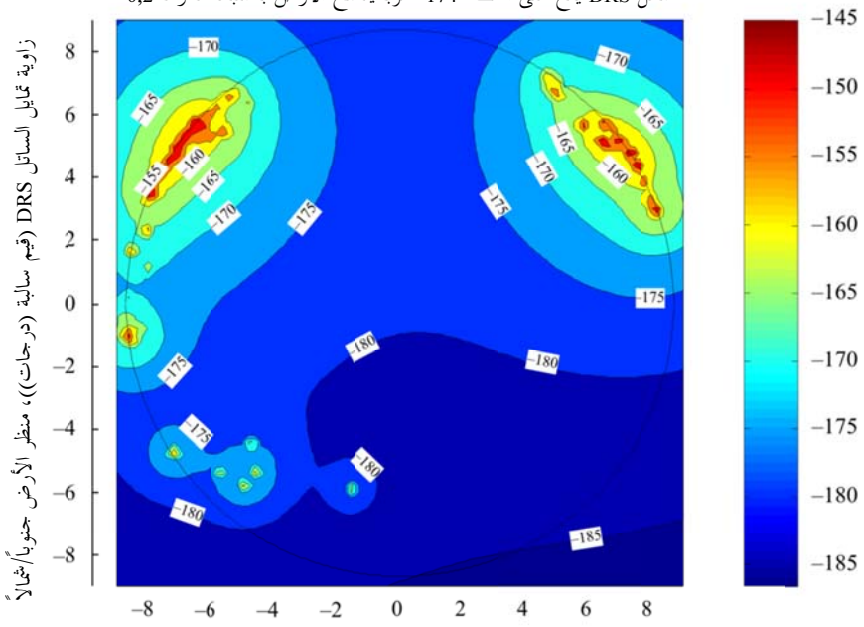


ويبين الشكلان 3 و4 التوزيع المكاني للتداخل الحاصل في المواقع المدارية للسواتل DRS في خطي الطول 174º غرباً و85º شرقاً على التوالي. وهي نتائج مماثلة لنتائج خط الطول 41º غرباً. وتبلغ ذروة إجمالي التداخل في الموقع المداري للسواتل DRS لخط الطول 174º غرباً مقدار –144,9 dB(W/MHz) وفي الموقع المداري لخط الطول 85º شرقاً مقدار –146,0 dB(W/MHz). وعلى نفس النحو الذي تم في حالة الموقع المداري DRS لخط الطول 41º غرباً، فإن أعلى مستويات تداخل تحدث عند تسديد هوائي إرسال الساتل DRS باتجاه مراكز التجمعات السكانية الحضرية التي تظهر على حافة الأرض أو بقربها.

الشـــكل 3

التوزيع المكاني للتداخل ((dB(W/MHz) في ساتل DRS واقع على خط الطول 174º غرباً بافتراض 944 محطة مركزية تعمل بقدرة e.i.r.p. قدرها +8 dB(W/MHz) في 431 مدينة في العالم وتمثل الدائرة الكبرى الأرض

ساتل DRS يقع على الخط –174º غرباً يمسح الأرض باستبانة قدرها 0,2º

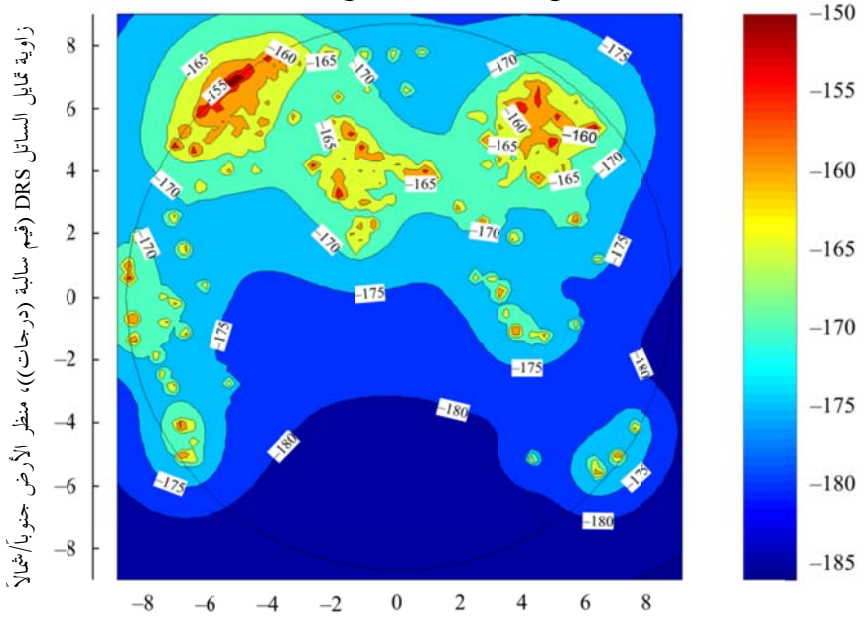


F.1509-03

الشـــكل 4

مثال لتداخل ((dB(W/MHz) في ساتل DRS واقع على خط الطول 85º شرقاً بافتراض 944 محطة مركزية تعمل بقدرة قدرها +8 dB(W/MHz) من 431 مدينة في العالم. وتمثل الدائرة الكبرى الأرض

ساتل DRS يقع على الخط 85º شرقاً يمسح الأرض باستبانة قدرها 0,2º



F.1509-04

2.1.3 المواقع المدارية للسواتل DRS الواردة في التوصية ITU-R SA.1276

تعدد التوصية ITU-R SA.1276 23 موقعاً مدارياً للسواتل DRS يتعين حمايتها قدر الإمكان (التوصية ITU-R F.1249) من التداخل الذي تسببه أنظمة الخدمة الثابتة العاملة في النطاق GHz 27,5-25,25 والذي يتجاوز مستوى الحماية المطلوب للسواتل DRS. ويقدم الجدول 1 أعلى مستويات للتداخل نتجت عن عمليات المحاكاة التي أجريت لكل من المواقع المدارية المحددة في التوصية ITU-R SA.1276. أما استبانة المسح المستعملة لزوايا التمايل والتمور فهي 0,2º. ويبين الجدول 1 أيضاً أن تغير مستويات تداخل الذروة المقيس بالانحراف العادي هو أقل من 4 dB في سائر المواقع المدارية، مما يدل على أن التغير في تداخل الذروة من موقع مداري إلى آخر ضئيل نسبياً.

ويبين الجدول 1 مستويات تداخل الذروة الوارد في اتجاه المسح وإجمالي تداخل الذروة لكل موقع مداري للسواتل. ويبلغ متوسط إجمالي تداخل الذروة –144,3 (dB(W/MHz. وقد بلغ أقصى إجمالي تداخل في أي موقع مداري وفي أي اتجاه مسح –139 (dB(W/MHz. ويشير الجدول أيضاً إلى التداخل الوارد من منطقة الانتشار والذي يساهم بدرجة كبيرة في إجمالي تداخل الذروة.

وتبين عمليات المحاكاة أن تداخل الذروة الناجم عن أنظمة LMDS منتشرة في منطقة شاسعة أعلى بمقدار 3 dB من التداخل الذي تسببه منطقة انتشار واحدة. ويقدم الجدول 1 أيضاً عامل الكسب التراكمي المعرّف هنا بوصفه الاختلاف بين إجمالي تداخل الذروة والتداخل الناجم عن المصدر الرئيسي المسبب للتداخل ويقدر بالوحدات dB. ومتوسط قيمة هذا الكسب 2,5 dB. وتُظهر المحاكاة أن إجمالي تداخل الذروة التراكمي لا يتجاوز وسطياً 2,5 dB من التداخل الناجم عن مركز تجمع سكاني حضري يساهم بدرجة كبيرة في التداخل. ويمكن الخلوص إلى أنه يمكن استعمال القدرة e.i.r.p. المتراكمة الناجمة عن مركز تجمع سكاني حضري، أي مجموع القدرات e.i.r.p. الناتجة من المحطات المركزية المختلفة باتجاه موقع مداري ساتلي DRS معين، من أجل التنبؤ بتداخل الذروة الذي قد يحدث في أكثر مواقع السواتل DRS من خلال إضافة 2,5 dB إلى القدرة e.i.r.p. التراكمية لهذا المركز الحضري.

واستناداً إلى الجدول 1، فإن متوسط زاوية الارتفاع باتجاه الساتل الذي يعاني من المصدر الرئيسي للتداخل هو حوالي 7º. و لم يكن تداخل الذروة ناجحاً في أي حال من الأحوال عن منطقة انتشار ذات زاوية ارتفاع أقل من 1,5º.

ويمكن أيضاً استناداً إلى الجدول 1 استنتاج أنه بالإمكان في حال تسبيب هوائي إرسال المحطة المركزية LMDS لخسارة إضافية في زوايا الارتفاع فوق 5º تقريباً، الحد من إجمالي التداخل الحاصل في عدة مواقع مدارية بحوالي قيمة تعادل خسارة الهوائي الإضافية. لذا فإن تحديد شكل هوائي إرسال النظام LMDS في مستوى الارتفاع قد يكون نهجاً مفيداً في بعض مناطق الانتشار من أجل تقليص التداخل باتجاه مواقع مدارية محددة للسواتل DRS.

كما يشتمل الجدول 1 على مناطق المناخ المطري وفقاً لتحديدها في التوصية ITU-R P.837 للمصدر الرئيسي للتداخل. وتتوقف قدرة تشغيل محطة مركزية عادة على أغراض تيسر الوصلة وبُعد الوصلة عن منطقة المناخ المطري التي يوجد فيها النظام. وتحتوي التوصية ITU-R F.758 على ملاحظات خاصة بالتجهيزات في النطاق GHz 27,5-25,25. وتشير الملاحظة 8 من الجدول 17 في هذه التوصية إلى أن الأنظمة العاملة على بعد 5 km وبكثافة طيفية للقدرة e.i.r.p. قدرها +8 (dB(W/MHz لكل محطة مركزية تتيح قدرة هامش وصلة قدرها 37 dB. وتبين التوصية ITU-R F.755 وخصوصاً الجدول 8 منها أن هامش وصلة قدره 37 dB على مسافة 5 km كاف لتوفير تيسر وصلة بمقدار 0,9999 في منطقة المناخ المطري K. وهامش وصلة قدره 37 dB غير كاف لتوفير تيسر وصلة بمقدار 0,9999 في مناطق الأمطار التي يفوق معدل الأمطار فيها المعدل المعروف في منطقة الأمطار K. ويمكن بالتالي الاستنتاج مؤقتاً أن الأنظمة LMDS الواقعة في مناطق المناخ المطري التي يكون معدل الهواطل فيها أقل منه في المنطقة K قادرة على العمل على مسافة 5 km بنسبة قدرة e.i.r.p. للمحطة المركزية أقل من 8 (dB(W/MHz ويمكن الحد من التداخل الذي تسببه في السواتل DRS. ويمكن أيضاً استنتاج أن الأنظمة في مناطق الأمطار التي تتميز بمعدل مطر أعلى من المعدل المسجل في المنطقة K قد تخضع لتقييدات التشغيل فيما يخص بعض الانتشارات إذا اقتصرت كثافة القدرة e.i.r.p. الناتجة عن المحطة المركزية على 8 (dB(W/MHz بهدف تيسير التقاسم مع السواتل DRS.

الجـــدول 1

عرض موجز لتداخل الذروة في منطقة خط البصر للسواتل DRS الموجودة في المواقع المدارية المحددة في التوصية ITU-R SA.1279 بافتراض 944 محطة مركزية تعمل بقدرة قدرها +8 dB(W/MHz) في 431 مدينة في العالم

الموقع المداري للساتل، خط الطول شرقاً (بالدرجات)	مصدر رئيسي للتداخل، خط العرض شمالاً (بالدرجات)	مصدر رئيسي للتداخل، خط الطول شرقاً (بالدرجات)	محطات مركزية تعتبر مصدراً رئيسياً للتداخل/منطقة مناخ مطري		القدرة e.i.r.p. في منطقة مصدر رئيسي للتداخل يشع باتجاه الساتل DRS (dB(W/MHz))	زاوية ارتفاع مسجلة بين المصدر الرئيسي للتداخل واتجاه الساتل DRS (بالدرجات)	التداخلات الناجمة عن مصدر رئيسي للتداخل (dB(W/MHz))	إجمالي ذروة التداخل عند تسديد الساتل DRS باتجاه المصدر الرئيسي للتداخل (dB(W/MHz))	الكسب التراكمي (dB)
174–	32,833	96,833–	M	10	17,7	2,4	144,6–	144,3–	0,3
171–	32,833	96,833–	M	10	16,8	4,8	143,0–	142,8–	0,2
170–	39,133	117,200	H	5	13,8	4,8	146,0–	142,0–	4,0
160–	41,830	87,750–	K	16	18,9	4,6	143,1–	141,1–	2,0
139–	40,750	74,000–	K	35	17,9	10,2	143,1–	140,9–	2,2
62–	51,467	6,983	E	3	11,7	4,4	148,3–	142,7–	5,6
49–	34,000	118,167–	E	29	18,6	8,6	140,2–	139,3–	0,9
46–	34,000	118,167–	E	29	20,6	6,2	140,3–	139,0–	1,3
44–	34,000	118,167–	E	29	21,5	4,6	140,2–	139,3–	0,9
41–	34,000	118,167–	E	29	22,4	2,2	140,3–	139,0–	1,3
32–	40,750	74,000–	K	35	13,0	26,5	145,7–	145,4–	0,3
16–	42,330	83,080–	K	10	14,4	8,2	145,7–	140,8–	4,9
16,4	23,700	90,367	N	7	14,4	6,1	146,6–	145,0–	1,6
21,5	23,700	90,367	N	7	10,2	10,8	149,3–	147,7–	1,6
47	31,250	121,500	M	7	15,3	4,7	145,6–	143,4–	2,2
59	34,400	135,270	M	4	13,6	2,9	151,1–	145,6–	5,5
85	48,130	16,220	K	1	6,4	5,5	153,9–	146,7–	7,3
90	52,250	18,983	H	2	10,3	3,6	150,2–	147,8–	2,4
95	41,033	28,950	K	5	10,3	9,3	151,6–	149,3–	2,3
113	36,200	44,017	K	2	7,3	8,3	154,9–	150,1–	4,8
121	36,200	44,017	K	2	10,8	2,1	151,4–	148,4–	3,0
160	37,750	122,500–	D	10	17,9	1,5	145,3–	143,8–	1,5
177,5	34,000	118,167–	E	29	14,2	12,6	146,4–	145,3–	1,1
الحد الأقصى					14,2	26,5	140,2–	139,0–	7,2
المتوسط					14,7	6,7	146,4–	144,3–	2,5
التباين العادي					4,4	5,3	4,4	3,4	1,9
الحد الأدنى					6,4	1,5	154,9–	150,1–	0,2

2.3 التوزيع الزمني

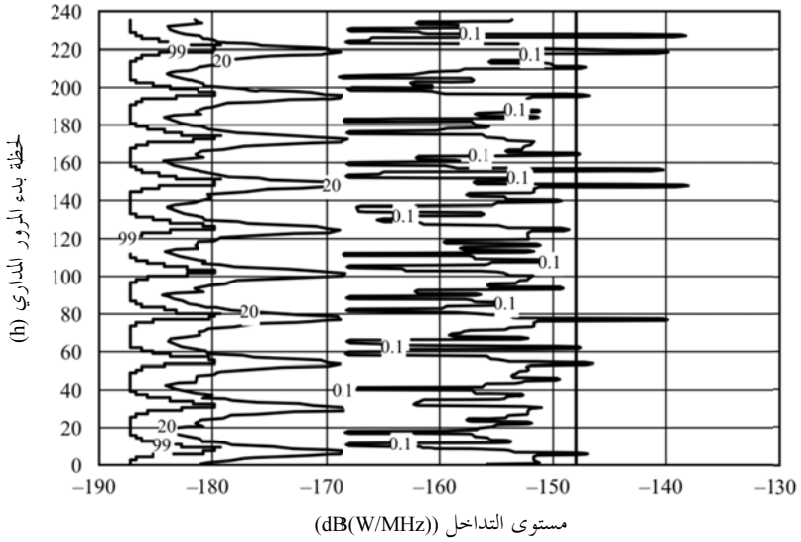
جرى تقييم الخصائص الزمنية للتداخلات في سواتل DRS تعمل على تتبع ساتل مستعمل في مدار منخفض في ثلاثة مواقع مدارية للسواتل DRS وردت في التوصية ITU-R SA.1276، وهي المواقع 41º غرباً و174º غرباً و85º شرقاً. والمحطة الفضائية الدولية هي ساتل المستعمل في المدار المنخفض المفترض الذي يعمل على ارتفاع 400 km بمستوى مداري مائل زاويته 51,6º نسبةً إلى المستوى الاستوائي.

وجرت المحاكاة الدينامية في دورة مدارية مدتها 10 أيام بتزايد قدره ثانية واحدة. وعند كل تزايد يحسب التداخل التراكمي الناجم عن انبعاثات المحطات المركزية LMDS الواقعة في خط البصر، ويستعمل لتحديد وظيفة التوزيع التراكمي (CDF) للتراكم في ذلك الدور المداري الخاص. ونظراً لأنه جرى رصد 145 مداراً خلال تلك الأيام العشرة نتج 145 وظيفة CDF لكل محاكاة دينامية. ويبين الشكل 5 مجموعة منحنيات خاصة بالساتل DRS الواقع في 41º غرباً، وتمثل احتمالات تجاوز التداخل في مختلف المدارات المتعاقبة لساتل المستعمل في المدار المنخفض. وتعادل هذه المنحنيات مستويات تداخل تم تجاوزها خلال 99% و20% و0,1% من الدور المداري. وترد في محور السينات منحنيات احتمال التجاوز نسبةً إلى مستوى التداخل، وفي محور الصادات لحظة بدء ظهور الساتل في خط البصر مع الساتل DRS. ويظهر في الشكل أيضاً خط عمودي يقابل مستوى التداخل وقدره –148 dB(W/MHz). كما تظهر في الشكل مستويات تداخل أعلى من –148 dB(W/MHz) في 11 مداراً. ونلاحظ إضافة إلى ذلك أن الدور بين مدارين الذي يكون خلاله مستوى التداخل أعلى من –148 dB(W/MHz) يتراوح بين 7,7 ساعة كحد أدنى و71 ساعة كحد أقصى. ويبين الشكل 6 السلسلة الزمنية للأدوار التي يكون مستوى التداخل خلالها أعلى من –148 dB(W/MHz). واستناداً إلى الشكل 1 تتراوح مدة التداخلات ذات المستوى الذي يتجاوز مستوى الحماية بين أقل من 10 ثوان وأقل من 60 ثانية.

الشـــكل 5

الخصائص الزمنية للتداخل في ساتل DRS يقع على خط الطول 41º غرباً أثناء تتبعه لساتل مستعمل منخفض المدار في مدار عادي نمطي لمحطة فضائية دولية

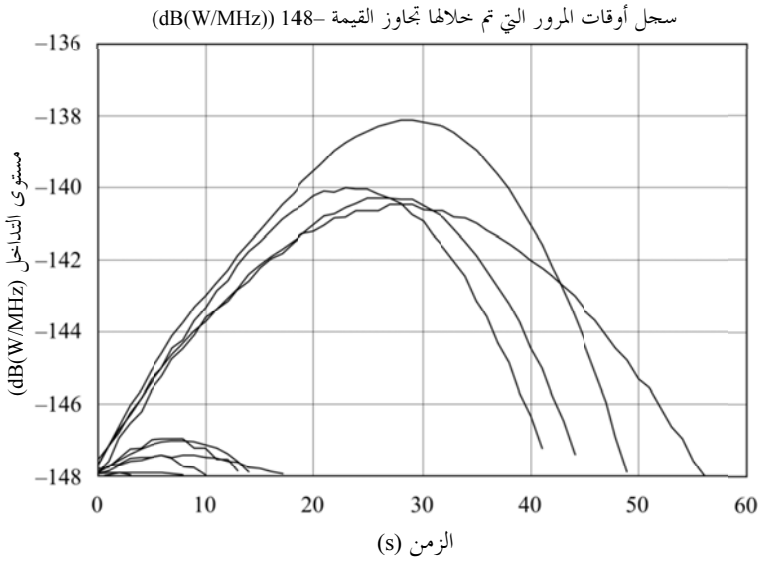
النتائج بشأن الموقع 41º غرباً (دور المدار 10 أيام، فواصل تتزايد 1 s)



F.1509-05

الشـــكل 6

أمثلة للتداخل في ساتل DRS يقع على خط الطول 41° غرباً أثناء تتبعه لساتل مستعمل منخفض المدار في مدار نمطي لمحطة فضائية دولية (انظر الفقرة 2.3)

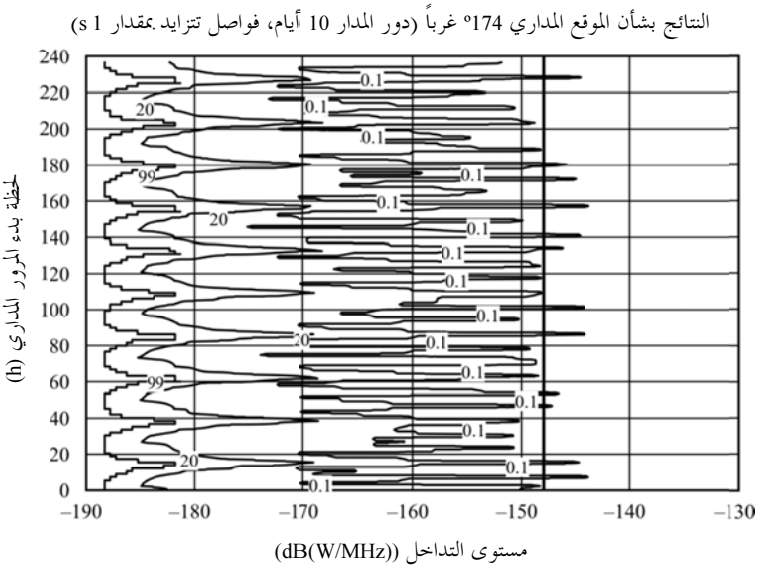


F.1509-06

ويبين الشكل 7 نتائج مماثلة للموقع المداري للساتل DRS على خط الطول 174° غرباً. وفيما يخص هذا الموقع، سيتعرض 12 مداراً لتداخل يتجاوز مستوى الحماية خلال 0,1% من الدور المداري. ويلاحظ أيضاً أن هذا الشكل يشير إلى أن الفترة المنقضية بين مدارين والتي يتجاوز خلالها مستوى التداخل القيمة –148 dB(W/MHz)، تتراوح بين 6,1 ساعة كحد أدنى و30,9 ساعة كحد أقصى. ويبين الشكل 8 السلسلة الزمنية لكل فترة تداخل. وفي هذا الموقع المداري تتراوح مدة التداخل التي يتم خلالها تجاوز مستوى الحماية البالغ –148 dB(W/MHz) بين 5 s و50 s.

الشـــكل 7

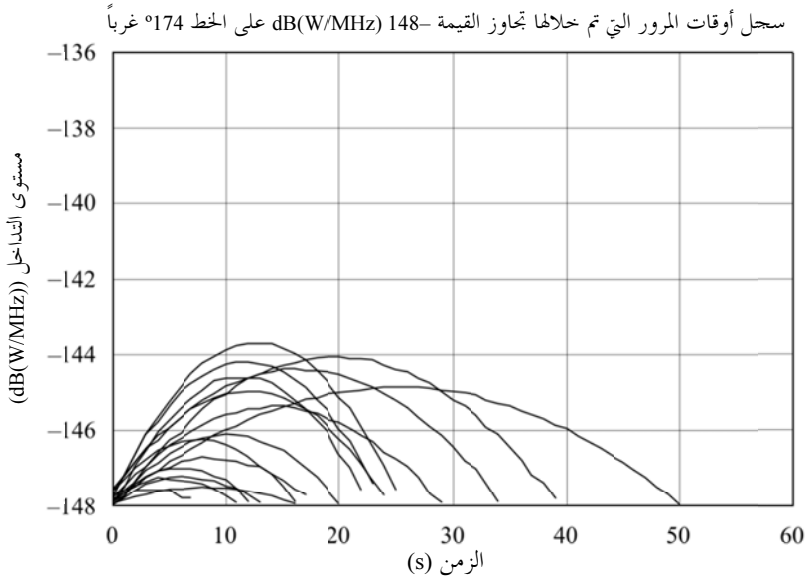
الخصائص الزمنية للتداخل في ساتل DRS يقع على خط الطول 174° غرباً أثناء تتبعه لساتل مستعمل منخفض المدار في مدار نمطي لمحطة فضائية دولية



F.1509-07

الشـــكل 8

أمثلة للتداخل في ساتل DRS واقع على الخط 174° غرباً أثناء تتبعه لساتل مستعمل منخفض المدار في مدار نمطي لمحطة فضائية دولية (انظر الفقرة 2.3)

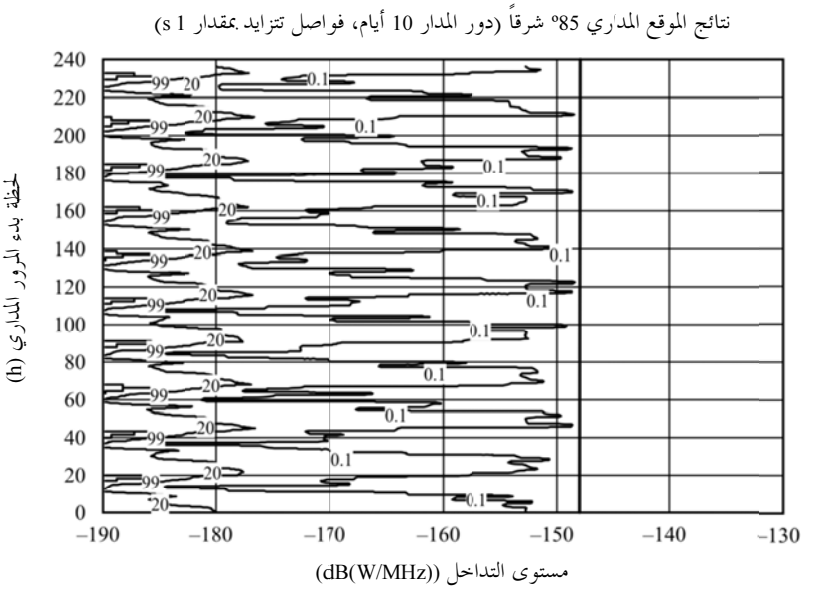


F.1509-08

يبين الشكل 9 الخصائص المؤقتة للتداخل في الموقع المداري للساتل DRS في خط الطول 85° شرقاً. ويبين الشكل أن معايير الحماية التي تنص عليها التوصية ITU-R SA.1155 مستوفاة في كل مدار ساتل في محطة فضاء دولية.

الشـــكل 9

الخصائص الزمنية للتداخل في ساتل DRS يقع على الخط 85° شرقاً أثناء تتبعه لساتل مستعمل منخفض المدار في مدار نمطي لمحطة فضائية دولية



F.1509-09

يعرض الجدول 2 نتائج التوزيع الزمني.

الجـــدول 2

عرض موجز لنتائج التوزيع الزمني للتداخل، *I*

الموقع المداري للساتل DRS	مجموع عدد مدارات السواتل (~1,6 ساعة/مدار)	المدة الفاصلة بين مدارين والتي يكون خلالها *I* –> –148 dB(W/MHz) (ساعة)	عدد مدارات السواتل حيث *I* –< –148 dB(W/MHz)	المدارات التي يكون فيها *I* –< –148 dB(W/MHz)		
				المدة التي يكون خلالها *I* –< –148 dB(W/MHz) (ساعة)	النسبة المئوية من المدارات حيث *I* –< –148 dB(W/MHz)	ذروة التداخل *I* dB(W/MHz)[1]
174º غرباً	145	6,1 إلى 30,9	12	5 إلى 50	0,1 إلى 0,8	–143,8
41º غرباً	145	7,7 إلى 71	11	10 إلى 60	0,2 إلى 1,0	–137,8
85º شرقاً	145	N/A	0	N/A	N/A	–148,3

[1] يُعزى التباين البسيط في مستويات الذروة الذي كشفته الدراسات الزمنية والمكانية إلى آثار الاعتيان بين دراسة المكان ودراسة الزمن وإلى الاختلافات الضئيلة بنماذج فتحة الحزمة عند 3 dB المتصلة بزاوية ارتفاع هوائي المحطة المركزية وإلى الاختلافات في مساهمة الفصوص الجانبية الرئيسية لمخطط زاوية الارتفاع وإلى تردد التشغيل وإلى مراعاة آثار المنخفضات الجوية (التوصية ITU-R F.1333) في النموذج المكاني.

والخلاصة أن خلال المدارات القليلة التي يتجاوز مستوى التداخل القيمة –148 dB(W/MHz)، تتراوح الفترة التي يتم خلالها تجاوز مستوى حماية ساتل DRS واقع في الخط 41º غرباً، بين أكثر بقليل من 0,1% وحوالي 1% في الحالة الأسوأ. أما بالنسبة لساتل DRS واقع في 85º شرقاً، فإن معايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA.1155 مستوفاة.

4 نتائج الدراسة B

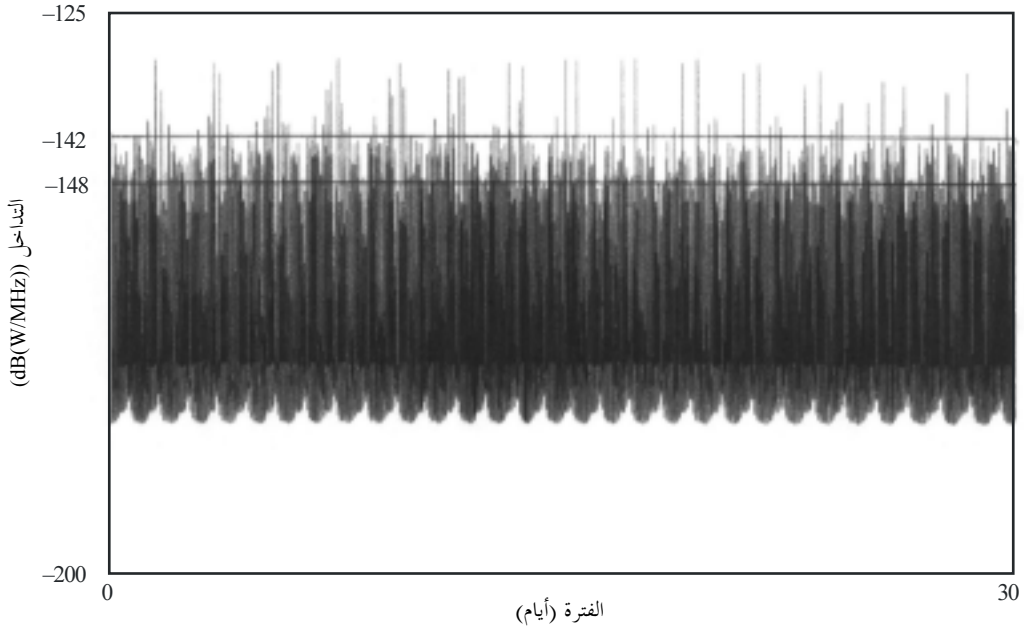
تعرض الفقرات التالية نتائج الدراسات الزمنية والمكانية استناداً إلى دراسة أخرى. ويفترض في هذه الدراسة كثافة طيفية للقدرة e.i.r.p. تبلغ +14 dB(W/MHz) لكل محطة مركزية، نظراً لأن بعض الأنظمة قد تحتاج إلى كثافة e.i.r.p. أعلى من +8 dB(W/MHz). كما يفترض وجود ساتلي مستعمل ومحطة فضائية دولية (ارتفاع مدارها 400 km وزاوية ميله 51,6º) وساتل EOS (ارتفاع مداره 800 km وزاوية ميله 98,6º). وستستخدم فرضية معيار تقاسم قدره –142 dB(W/MHz) بدلاً من معيار الحماية البالغ –148 dB(W/MHz).

1.4 نتائج الدراسة الزمنية

يعرض لأغراض هذه الدراسة سيناريو تداخل الحالة الأسوأ، وهي حالة ساتل DRS واقع على الخط 41º غرباً. ويوضح الشكل 10 الإرسالات التراكمية الناتجة عن المحطات المركزية للأنظمة LMDS في السواتل DRS عند تتبعه للمحطة الفضائية الدولية خلال فترة 30 يوماً وفي فواصل بتزايد قدره 5 ثوان ويبين الشكل 11 رسماً مماثلاً لساتل DRS يتتبع الساتل EOS.

الشـــكل 10

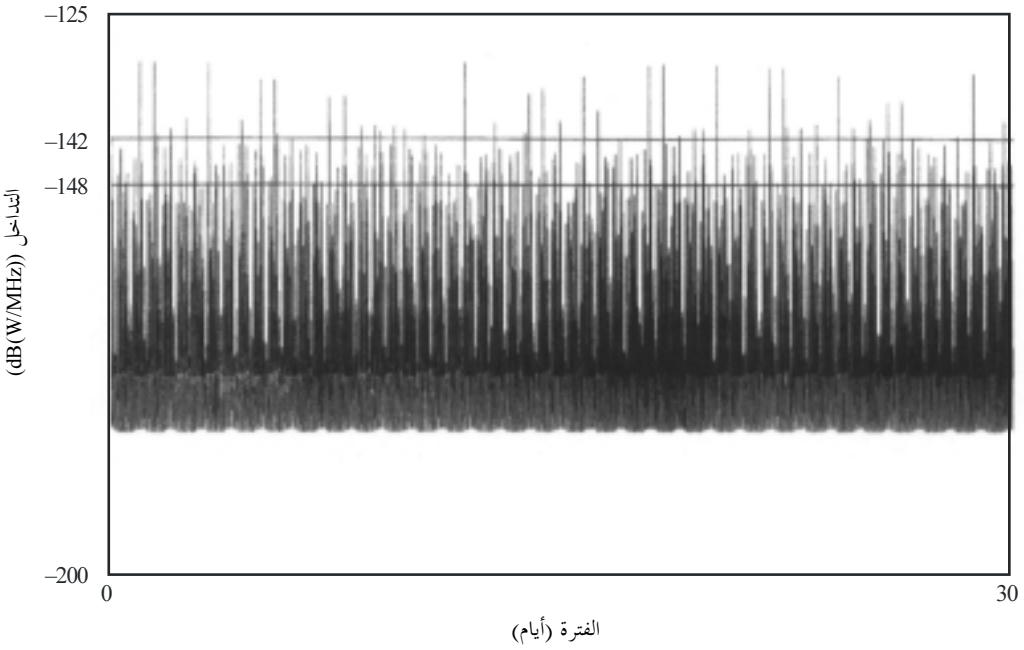
التداخل في ساتل DRS يقع على الخط 41º غرباً أثناء تتبعه لمحطة فضائية دولية



F.1509-10

الشـــكل 11

التداخل في ساتل DRS يقع على الخط 41º غرباً أثناء تتبعه لساتل EOS

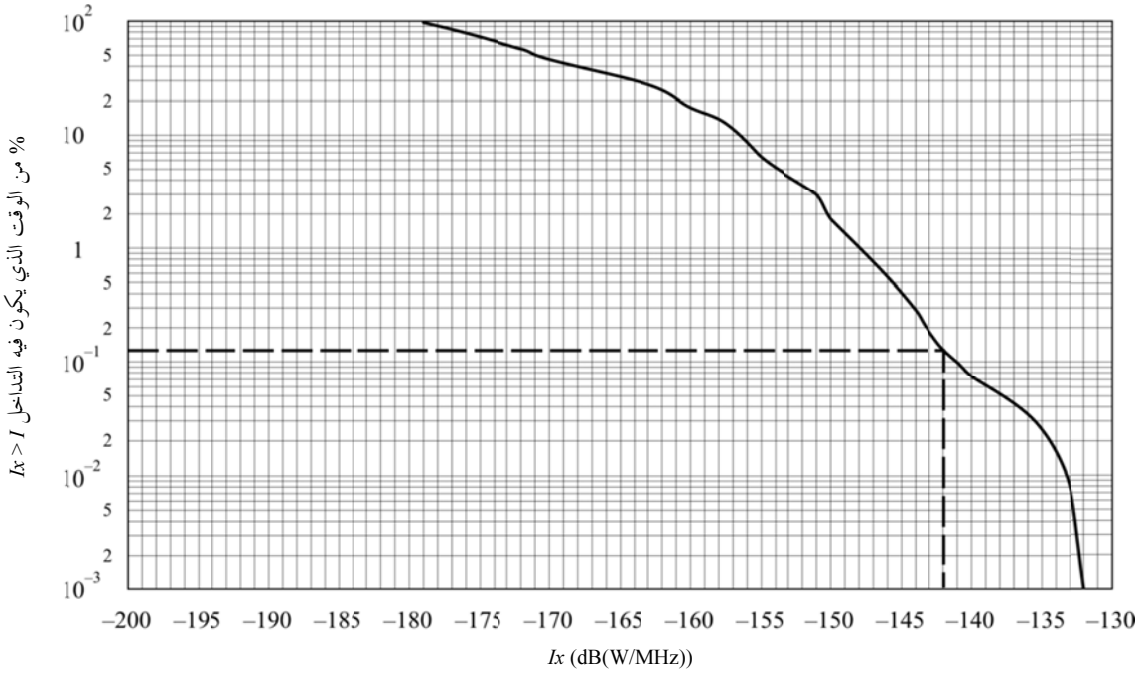


F.1509-11

وكما يتضح في الشكلين الواردين أعلاه، غالباً ما تكون الانبعاثات الناجمة عن نشر الأنظمة LMDS العاملة بقدرة e.i.r.p. قدرها +14 dB(W/MHz) مثل محطة مركزية أدنى من معيار التقاسم البالغ –142 dB(W/MHz)، وعندما يتتبع ساتل DRS المحطة الفضائية الدولية فإن القدرة المتراكمة للانبعاثات التي تتجاوز حدود معيار التقاسم لا تمثل إلا 0,1% تقريباً من الوقت الإجمالي وهو 30 يوماً (انظر الشكل 12). ويبين الشكل 13 أن القدرة التراكمية للانبعاثات الناجمة في الساتل DRS أثناء تتبعه للساتل EOS تتجاوز حدود معايير التقاسم بمقدار 0,06% تقريباً من الوقت. ويجدر بالذكر أنه يمكن معرفة مواقع هذه التداخلات على الأرض مسبقاً ويمكن تحديدها بسهولة من خلال المحاكاة.

الشـــكل 12

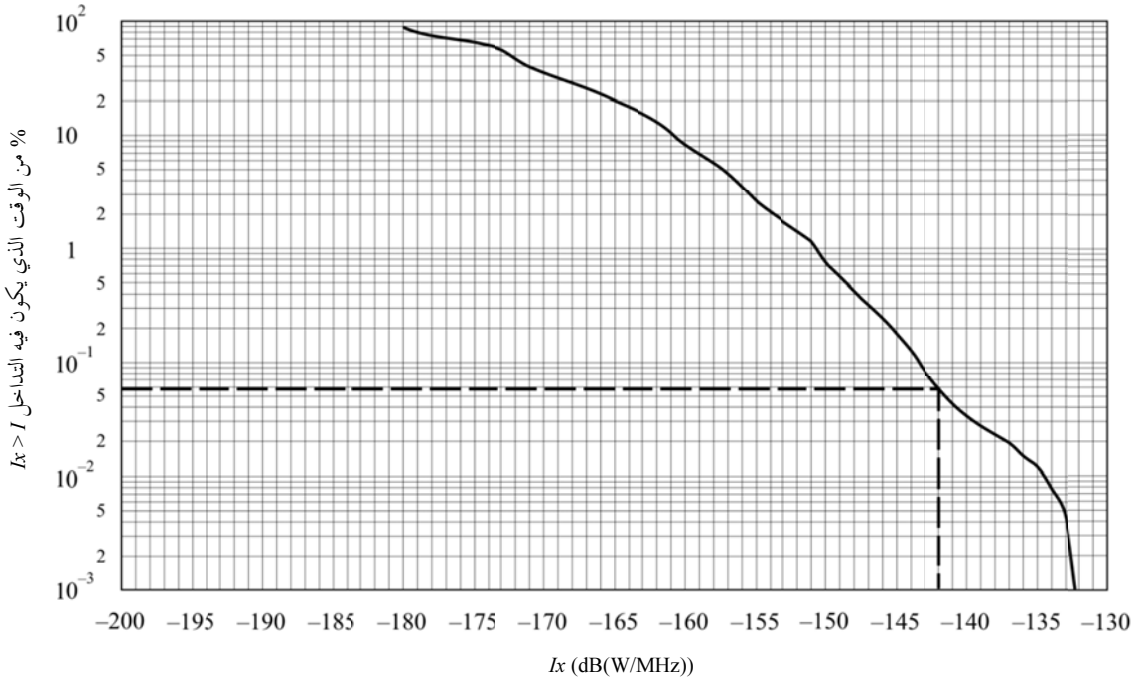
التداخل التراكمي في ساتل DRS واقع على الخط 41° غرباً أثناء تتبعه للمحطة الفضائية الدولية خلال 30 يوماً



F.1509-12

الشـــكل 13

التداخل التراكمي في ساتل DRS واقع على الخط 41º غرباً أثناء تتبعه لساتل EOS خلال 30 يوماً



F.1509-13

وتتوافق النتائج المذكورة آنفاً مع نتائج دراسة المكان الواردة أدناه.

2.4 نتائج الدراسة المكانية

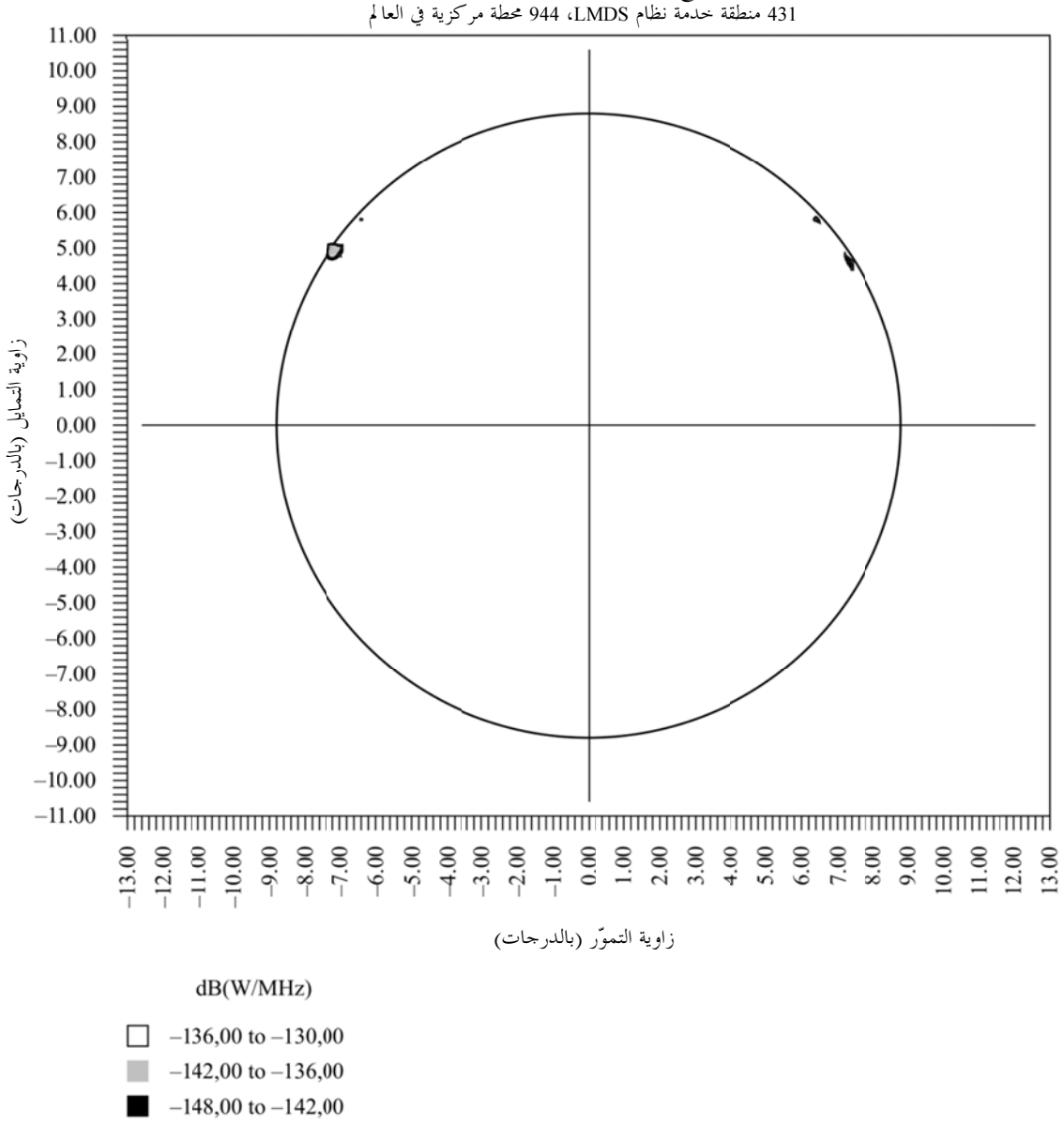
تتوفر نتائج الدراسة المكانية لثلاثة مواقع مدارية ساتلية DRS هي 41º غرباً و174º غرباً و85º شرقاً. ويمثل الموقعان 41º غرباً و174º غرباً سيناريو الحالة الأسوأ، ويمثل الموقع 85º شرقاً حالة عادية لوجود التداخل. وجدير بالذكر أن قيمة معيار التقاسم لم يتم تجاوزها أبد في العديد من الفواصل المدارية.

ويقدم الشكل 14 ملامح التداخلات المكانية التي تسببها إرسالات الأنظمة LMDS في السواتل DRS الواقعة في الخط 41º غرباً. ويلاحظ استناداً لهذا الشكل أن الإرسالات التي تتجاوز حد معيار التقاسم البالغ –142 dB(W/MHz) متمركزة في أمكنة يمكن التنبؤ بها. ويقدم الشكلان 15 و16 رسمين مماثلين للموقعين المداريين 174º غرباً و85º شرقاً.

الشـــكل 14

المظهر المكاني للتداخلات في حالة ساتل DRS يقع على الخط 41º غرباً

ساتل DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض واقع على خط الطول 41º غرباً، k =0 ، استبانة = 0,2، 8 (dB(W/MHz،
431 منطقة خدمة نظام LMDS، 944 محطة مركزية في العالم

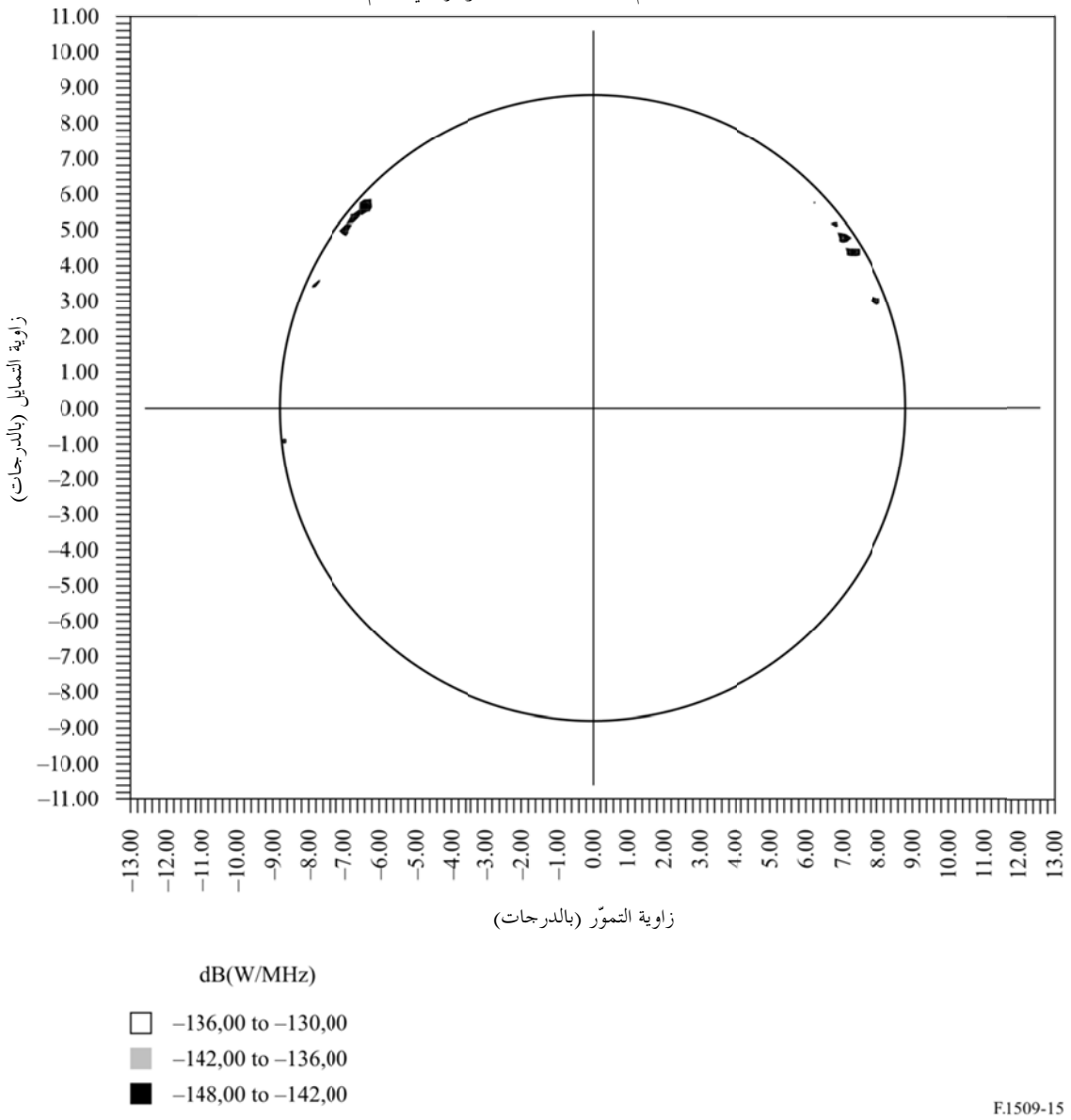


F1509-14

الشـــكل 15

المظهر المكاني للتداخلات في حالة ساتل DRS يقع على الخط 174º غرباً

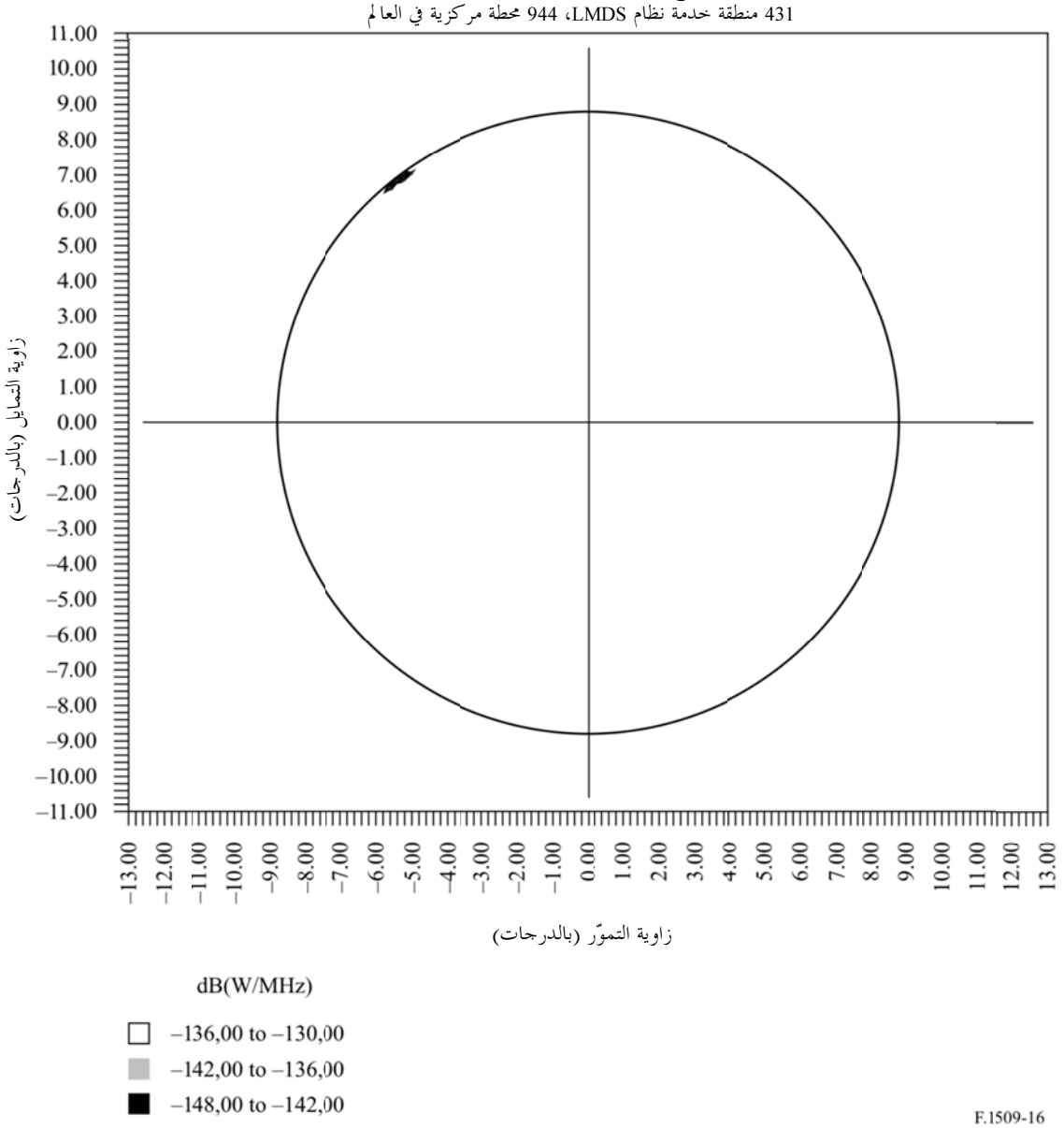
ساتل DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض واقع على خط الطول 174º غرباً، k=0، استبانة = 0,2، 8 dB(W/MHz)،
431 منطقة خدمة نظام LMDS، 944 محطة مركزية في العالم



الشـــكل 16

المظهر المكاني للتداخلات في حالة ساتل DRS يقع على الخط 85° شرقاً

ساتل DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض واقع على خط الطول 85° شرقاً، k=0، استبانة = 0,2، 8 dB(W/MHz)،
431 منطقة خدمة نظام LMDS، 944 محطة مركزية في العالم



ويجدر بالذكر أن الرسوم الواردة أعلاه تستند إلى عمليات محاكاة استعملت القيمة k = 0 لمخططات إشعاع الهوائيات (انظر التوصية ITU-R F.1336). وقد أجريت أيضاً عمليات محاكاة باستعمال القيمة k = 1 (مستويات أعلى للفصوص الجانبية)، ولوحظ أن مظهر التداخلات العام بقي ثابتاً تقريباً، مما يدل على أن ليس لمساهمة الفصوص الجانبية أثر يذكر.

3.4 مناقشة النتائج (الفقرة 4)

تُظهر الدراسة الواردة آنفاً أن معيار تقاسم قدره –142 dB(W/MHz) يتيح تقاسماً بين خدمتين دون فرض قيود كبيرة على أي منهما. وعلى خلاف معايير الحماية، يجب أن تراعي معايير التقاسم خصائص كلٍّ من الخدمات العاملة في النطاق وضرورة تلبية احتياجات هذه الخدمات. وفي حالة ساتل DRS يتقاسم النطاق 27,5-25,25 GHz مع أنظمة الخدمة الثابتة من

نقطة–إلى–عدة نقاط (P-MP FS)، هنالك عدد من العوامل المخففة التي تتيح استخدام معيار التقاسم –142 dB(W/MHz)، مثل:

- كما سبق ورأينا، سيكون استعمال أنظمة الهوائيات القطاعية المائلة إلى الأسفل شائعاً للانتشار من نقطة–إلى–عدة نقاط. وستتطلب الأنظمة مستوى عال من القطاعية من أجل ضبط التداخل داخل الأنظمة وتحقيق مستويات إعادة استعمال الترددات الكفيلة بأن تفي باحتياجات الشركات ذات الصلة.
- الإرسالات التي تتجاوز فعلاً معايير التقاسم تنجم عن مواقع على الأرض يمكن التنبؤ بها، مما يتيح اتخاذ *التدابير* مسبقاً لتفادي التداخلات.
- يختلف استعمال الخدمة الثابتة للنطاق GHz 27,5-25,25 من إدارة إلى أخرى. ففي بعض البلدان، يسمح للمشغلين بتشغيل أنظمة من نقطة–إلى–عدة نقاط، وفي بلدان أخرى، يستعمل المشغلون مزيجاً من الأنظمة من نقطة–إلى–نقطة ومن نقطة–إلى–عدة نقاط (يستعمل بعض مشغلي النطاق العريض عدة أنظمة من نقطة–إلى–نقطة اعتباراً من موقع مركزي). وعلاوة على ذلك تتيح خطط الترددات الحالية تشغيل عدد كبير من الأنظمة من نقطة–إلى–نقطة ومن نقطة–إلى–عدة نقاط. وبالتالي فإن مستوى قدرة الإرسال المتراكمة الناجمة عن أنظمة متعددة النطاق في أنظمة السواتل DRS أدنى بكثير من المستوى المحدد في هذه الدراسة.

5 تعميم على الانتشارات الأخرى للأنظمة LMDS

تستند النتائج الواردة في الفقرتين 3 و4 إلى فرضيات محددة تتعلق بنصف قطر خلية النظام LMDS. وتشرح هذه الفقرة طريقة بسيطة لتعميم هذه النتائج على مواقع الأنظمة LMDS التي تستعمل خلايا أصغر.

وعموماً يفضي الحجم الأصغر للخلية إلى عدد أكبر من الخلايا في تشكيلة مستقرة لأنظمة LMDS في مراكز سكنية حضرية. وبناء عليه فإن القدرة e.i.r.p. للمحطة المركزية اللازمة لتوفير نفس عدد الوصلات للمشترك الأكثر بعداً تتناقص إلى ربع المسافة، بافتراض انتشار وفق خط البصر. لذا يعطي التناقص النسبي للكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. للخلايا الأصغر من الخلية المرجعية في المعادلة التالية:

$$\Gamma_i = 20 \log\left(\frac{r_i}{r_0}\right) \quad (10)$$

حيث:

Γi: عامل تناقص الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. في الخلية رقم i (dB)

ri: نصف قطر الخلية رقم i (km)

$r0$: نصف قطر الخلية المرجعية أي 5 km.

واستخدام معامل التناقص سهل. فلنفترض مثلاً أن الخلية المرجعية التي نصف قطرها 5 km تنتج كثافة طيفية للقدرة e.i.r.p. قدرها +8 dB(W/MHz). إذا نقص هذا القطر إلى 2,5 km، تصبح الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. +2 dB(W/MHz).

ويلاحظ أن تطبيق هذا النهج يحد من الكثافة الطيفية المتراكمة للقدرة e.i.r.p. الناجمة عن مركز تجمع سكاني حضري لتصل إلى مستوى مستقل عن حجم الخلية.

كما يلاحظ أن هدف الانتشار الموضوعي للعديد من تشكيلات الخدمة الثابتة هو الحفاظ على تيسر الوصلات ثابتاً مقابل هامش وصلات ثابت بدلالة تغير المسافة نسبة إلى المشترك الأكثر بعداً. ووفقاً لطرائق التوصية ITU-R P.530 يتناقص هامش الوصلة اللازمة لتيسر وصلات معين بتناقص مسافة الوصلة. وتتيح المعادلة (10) تقديراً حذراً لتناقص الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. بدلالة نقص حجم الخلية.

6 التداخل في الأنظمة POCS

يماثل سيناريو التداخل في الأنظمة POCS سيناريو التداخل في السواتل DRS، بمعنى أن إرسالات النظام LMDS في نفس القناة تصل إلى هوائيات استقبال الأنظمة POCS طالما يدور الساتل في مداره حول الأرض.

1.6 خصائص الأنظمة LMDS

افترضت دراسة الأنظمة POCS نفس خصائص الأنظمة LMDS الواردة في الفقرة 1.2.

وعلى كل حال، القيمة المفترضة للكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. هي +14 dB(W/MHz).

2.6 خصائص الأنظمة POCS

تناولت هذه الدراسة نوعين من المستعملين للنظام POCS هما المحطة الفضائية الدولية والمكوك الفضائي المداري. ويفترض أن كل نظام POCS يستعمل هوائيين هوائي بكسب مرتفع وآخر بكسب منخفض. ويقدم الجدول 3 عرضاً لخصائص النظام POCS.

الجـــدول 3

خصائص النظام POCS

المستعمل	المدار		هوائي الاستقبال	
	الارتفاع (km)	زاوية الميل (بالدرجات)	الكسب (dBi)	التسديد
محطة فضائية دولية	400	51,6	3,5 23,5	النظير حسب متجه السرعة
مكوك فضائي مداري	530	57	3,5 23,5	النظير حسب متجه السرعة

فيما يتعلق بهوائي الكسب المنخفض افترض هوائي شامل الاتجاهات مقابل هوائي ذي فتحة حزمة بنصف القدرة تعادل مخروط كامل وقدرها 244º (HPBW) (الحالة الأسوأ). وبالنسبة لهوائي الكسب المرتفع استعمل هوائي استقبال ثابت بفتحة حزمة HPBW 8º ومخطط إشعاع مرجعي من التوصية ITU-R S.672 (L_S = –20 dB). وافترض الاستقطاب الدائري للنظام POCS.

أما قيمة معيار حماية المستقبل فهي –147 dB(W/MHz) خلال 0,1% من الوقت كحد أقصى وفقاً للتوصية ITU-R SA.609.

3.6 الطريقة

خضعت الأنظمة POCS لدراسة زمنية خلال فترة محاكاة 30 يوماً. وكانت البيانات تجمع كل 5 ثوان.

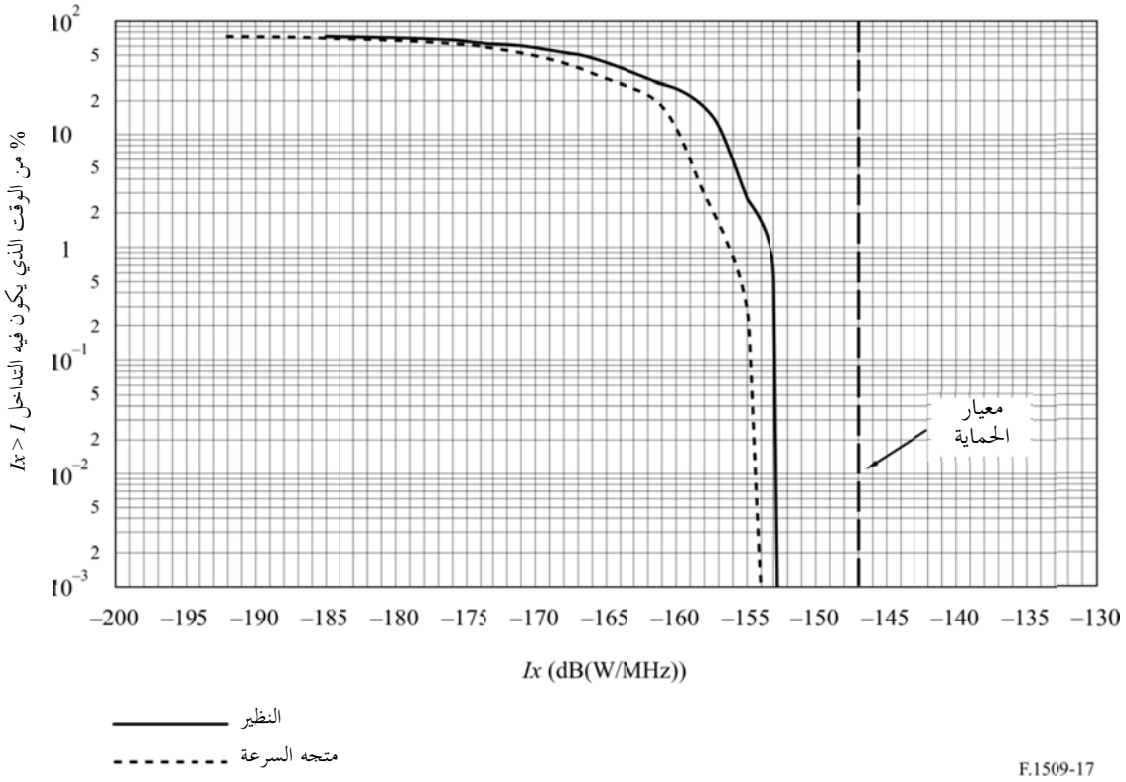
وكما هو الحال بالنسبة لدراسة السواتل DRS، حُسب الامتصاص الجوي استناداً إلى التوصية ITU-R P.676. وبنفس الطريقة أدرجت خسارة قدرها 3 dB مقابل اختلاف الاستقطاب.

4.6 النتائج

تبين الأشكال التالية مستويات الإرسالات في هوائيي الاستقبال لكل من النظامين POCS والناجمة عن الأنظمة LMDS، وذلك خلال 30 يوماً.

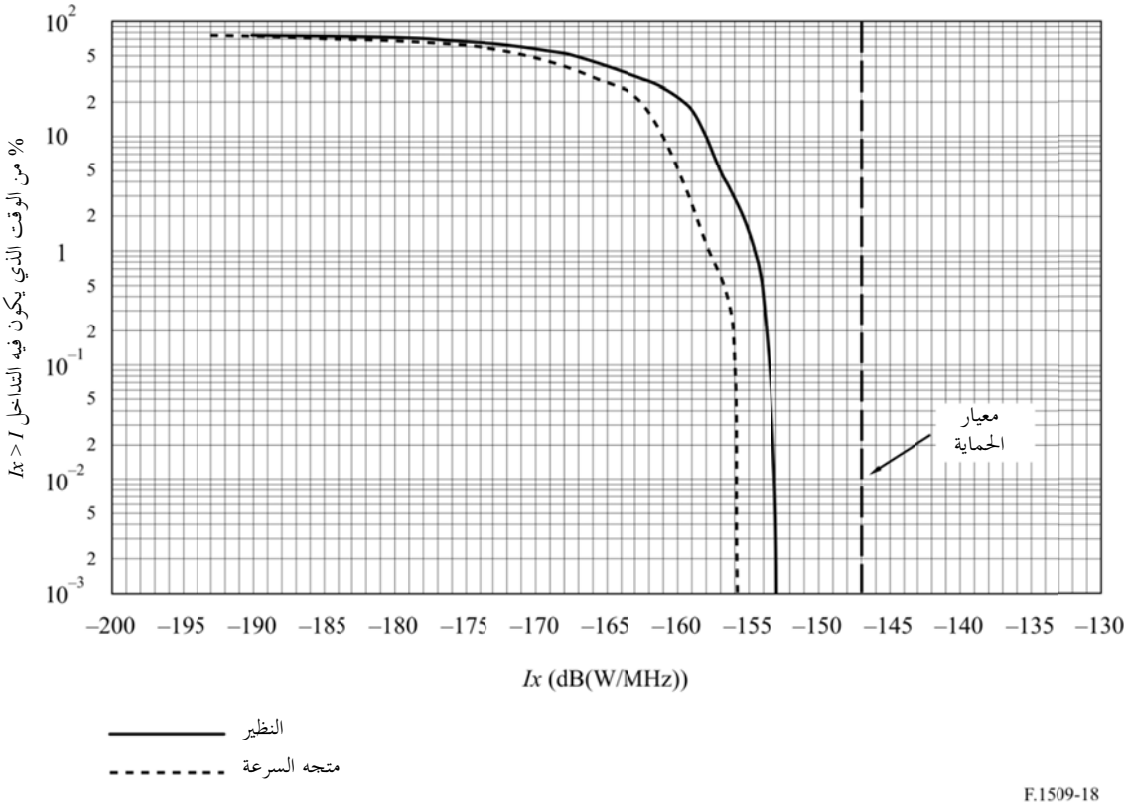
الشـــكل 17

التداخل التراكمي الناجم في نظام POCS عن محطة فضائية دولية خلال 30 يوماً



الشـــكل 18

التداخل التراكمي الناجم في نظام POCS عن مكوك فضائي مداري خلال 30 يوماً



ونلاحظ أن مستوى التداخل في أي من هوائيي استقبال النظام POCS أدنى بكثير ودائماً في حدود معيار الحماية البالغ –147 dB (W/MHz).

7 ملخص الملحق 1 واستنتاجاته

استناداً إلى نتائج الدراسة A الواردة في الفقرة 3 يظهر أن معظم السواتل DRS الموضوعة في المواقع المدارية المذكورة في التوصية ITU-R SA.1276 تتعرض لتداخل ذروة إجمالي أعلى بمقدار 4 dB وسطياً من مستوى الحماية المحدد في التوصية ITU-R SA.1155 وذلك في بعض مناطق انتشار الأنظمة LMDS. ويقوم هذا الاستنتاج على الفرضية القائلة بأن الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. لكل محطة مركزية عاملة هي +8 dB (W/MHz) وهذه المحطات توجد في منطقة خدمة نصف قطرها 5 km. وبلغ إجمالي تداخل الذروة لجميع المواقع المدارية –139 dB (W/MHz).

وتستوفي معظم المدارات من وجهة نظر زمنية مستوى الحماية المحدد في التوصية ITU-R SA.1155. وفي حالة بعض المدارات حيث يتم تجاوز مستوى الحماية تتراوح فترة هذا التجاوز بين أكثر بقليل من 0,1% وحوالي 1% من الدور المداري عندما تكون السواتل في الموقعين 41º غرباً أو 174º غرباً (الحالة الأسوأ). كما أن الفترة الزمنية بين دورين مدارين التي يتجاوز خلالها مستوى التداخل القيمة –148 dB (W/MHz)، في هذين الموقعين المدارين، تتراوح بين 6,1 و71 ساعة. أما في حالة ساتل DRS واقع في الخط 85º شرقاً، فإن مستوى التداخل يفي بمعايير الحماية المحددة في التوصية ITU-R SA.1155 في جميع المدارات الساتلية في المحطة الفضائية الدولية.

وأدرج عامل تناقص (انظر المعادلة (10)) يفترض هامش وصلات ثابت من أجل التمكن من تحديد قيم الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. لخلايا يقل حجمها عن حجم الخلية المرجعية (أي 5 km في هذه الدراسة).

ووفقاً لما يرد في الفقرة 3 وفي الأشكال من 2 إلى 4، فإن المصادر الرئيسية للتداخل الذي تتعرض له السواتل DRS هي مراكز التجمعات السكنية في المدن التي تضم عدة محطات مركزية تتقاسم نفس التردد وتوجد على حافة الأرض أو قربها. لكن مع مراعاة عدد المحطات المركزية P-MP للنظام LMDS التي يتوقع نشرها باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 3 وبكثافة طيفية للقدرة e.i.r.p. قيمتها +8 dB (W/MHz) لكل قطاع محطة مركزية، فإن مستوى الحماية لا يتم تجاوزه إلاّ في بعض المناطق الجغرافية، والتقاسم ممكن.

وتظهر نتائج الدراسة B (الفقرة 4) أنه عند افتراض كثافة طيفية للقدرة e.i.r.p. قدرها +14 dB (W/MHz) لكل محطة مركزية أي أعلى بمقدار 6 dB من القيمة المفترضة في الدراسة A، يزداد مستوى التداخل أيضاً بمقدار 6 dB عن المستوى الناتج في الدراسة A. لذا فإن نتائج الدراستين متكافئة عملياً.

الملحق 2

طريقة حساب زوايا الفصل بين حزم هوائيات المحطات المركزية واتجاهات السواتل DRS المستقرة بالنسبة إلى الأرض

يعرض الملحق 2 بالتوصية ITU-R F.1249 طريقة حساب زوايا الفصل بين حزم هوائيات إرسال الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة واتجاهات سواتل ترحيل البيانات المستقرة بالنسبة إلى الأرض والواقعة في الأمكنة المحددة في الملاحظة 1 من متن هذه التوصية مع مراعاة آثار الانكسار الجوي والأفق المحلي. وتستعمل محطة مركزية لشبكة خدمة P-MP FS هوائياً شامل الاتجاهات أو قطاعياً. وفي هذه الحالة ينبغي اعتبار كسب الهوائي مستقلاً عن اتجاه السمت للساتل DRS. وفي الملحق 2 بالتوصية ITU-R F.1249، فإن ε_r هي زاوية الارتفاع لأقصى كسب (في مستوى الارتفاع) هوائي للمحطة المركزية (يلاحظ أن $\varepsilon_r=0$ في حال عدم ميل الحزمة وأن ε_r تكون قيمة سالبة في حال مالت الحزمة نحو الأسفل).

وترد قيمة زاوية الارتفاع ε_s للساتل DRS في المعادلات (8a) و(8b) و(8c) من الملحق 2 بالتوصية ITU-R F.1249. وعندما يكون الساتل DRS مرئياً تكون القيمة المطلقة $\varepsilon_s - \varepsilon_r$ هي الفصل الزاوي بين حزمة هوائي المحطة المركزية والخط المتجه نحو موقع الساتل DRS.