الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R S.1673-1

(2010/01)

# منهجيات حساب سويات التداخل، في أسوأ حالة، الذي تسببه أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية لشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في نطاقات التردد 10 إلى 30 GHz

السلسلة S

الخدمة الثابتة الساتلية

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 |
| S | **الخدمة الثابتة الساتلية** |
| RS | أنظمة الاستشعار عن بعد |
| 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، 2010

© ITU 2010

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 S.1673-1

# منهجيات حساب سويات التداخل، في أسوأ حالة، الذي تسببه أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية* لشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في نطاقات التردد 10 إلى 30 GHz

(المسألة ITU-R 231/4)

(2010-2003)

## مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية منهجيات لتقييم سويات التداخل، في أسوأ حالة، الذي تسببه أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية، لشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل في الخدمة ذاتها. وتنطبق المنهجيات الموصوفة في هذه التوصية في نطاقات التردد 10 إلى 30 GHz. وتستعمل هذه المنهجيات افتراضات أسوأ الحالات التي تغالي في تقدير سويات التداخل.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

*إذ تضع في اعتبارها*

أ ) أنه يمكن استعمال العديد من نطاقات ترددات الخدمة الثابتة الساتلية للشبكات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض على حد سواء، وذلك وفقاً لأحكام لوائح الراديو؛

ب) أنه وفقاً لأحكام لوائح الراديو لن تتسبب الأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية لتداخل غير مقبول في الشبكات المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية؛

ج) أنه في بعض نطاقات ترددات الخدمة الثابتة الساتلية، جرى تحديد كمية مستوى التداخل المقبول الذي تسببه أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض لأنظمة مستقرة بالنسبة إلى الأرض من حيث حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd↑) وكثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd↓) وأن هذه الحدود معرفة في المادة 22 من لوائح الراديو فيما يتعلق بنطاقات تردد محددة.

د ) أن الإدارات قد تحتاج إلى حساب سويات التداخل، بما في ذلك سويات التداخل في أسوأ حالة، الذي يسببه نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض لأي شبكة مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاقات التردد FSS غير النطاقات التي حددت لوائح الراديو بشأنها حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd↑) وكثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd↓)؛

هـ ) أنه تم وضع منهجيات مع مراعاة أحكام لوائح الراديو من أجل تقييم سويات التداخل الذي تسببه أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض لشبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض؛

و ) أن المنهجيات المشار إليها في الفقرة *إذ تضع في اعتبارها* هـ) تقوم أساساً على أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية تعمل بمدارات دائرية منخفضة ومتوسطة الارتفاع، وأن منهجية أكثر تبسيطاً قد تكون ملائمة لحساب التداخل الناتج عن أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة بمدارات أرضية عالية (انظر الملاحظة 1)، ذات أجزاء محدودة تستعمل كأقواس "فعالة" للتشغيل تكون منفصلة فضائياً عن مدارات السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض،

* انظر التوصية ITU-R S.1758 المتعلقة بتحديد خصائص الأنظمة من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية.

*إذ تعترف*

أ ) أن القسم II من المادة 22 من لوائح الراديو يتناول "التحكم في التداخلات المسببة للأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض"،

*إذ تلاحظ*

أ ) أن دراسات أجريت أيضاً بشأن تنفيذ أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية في نطاق التردد 10 إلى 30 GHz؛

ب) أن الأمر يرجع إلى الإدارات فيما يتعلق بتحديد ما إذا كان نظاماً غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية يسبب تداخلاً غير مقبول لشبكة مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية، في نطاقات التردد غير تلك المشار إليها في الفقرة *إذ تضع في اعتبارها* ج) أعلاه؛

ج) أن الأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي المشار إليها في الفقرة *إذ تلاحظ* أ) تتميز باستخدام أقواس تشغيلية أو "فعالة" محدودة منفصلة فضائياً عن الأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض، وإن كان حجمها يختلف من نظام إلى نظام،

*توصي*

**1** بحساب سويات التداخل، في الحالة الأسوأ، الذي يسببه نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية الوارد وصفه في الفقرة *إذ تلاحظ* أعلاه للشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية، على أن تعتبر جميع السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تعمل على نفس الترددات في هذا النظام الذي يرسل باتجاه نفس المنطقة الجغرافية من الأرض، تنتج أقصى سويات لكثافة تدفق القدرة؛

**2** أنه فيما يتعلق بأنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في بعض نطاقات التردد المتراوحة بين 10 و30 GHz عندما تكون حدود القدرة ↑epfd والقدرة ↓epfd غير محددة في لوائح الراديو (انظر الملاحظة 2)، ينبغي استعمال المنهجية الواردة في الملحق 1 بهذه التوصية لحساب الحالة الأسوأ لسويات التداخل الذي تسببه أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية لشبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية (انظر الملاحظات 3 و4 و5)؛

**3** أنه فيما يتعلق بأنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في بعض نطاقات التردد المتراوحة بين 10 و30 GHz عندما تكون حدود القدرة ↑epfd والقدرة ↓epfd محددة في لوائح الراديو (انظر الملاحظة 2)، ينبغي استعمال المنهجية الواردة في الملحق 2 بهذه التوصية لحساب الحالة الأسوأ لسويات التداخل الذي تسببه أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية لشبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية (انظر الملاحظتين 4 و6)؛

**الملاحظة 1** – لأغراض هذه التوصية، يُصنف نظام ساتلي يستعمل أحد المدارات التالية كنظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض من نمط مدار أرضي عالٍ. ويمكن تشغيل السواتل في هذا النظام في القوس الفعال فقط:

- مدار يبلغ اختلافه المركزي 0,05 على الأقل، وميل يتراوح بين 35 و145 درجة، وذروة تبلغ 18 000 km على الأقل، وفترة متزامنة مع الأرض (23 ساعة و56 دقيقة) مضروبة في $m/n$ مع كون $m$ و$n$ أرقاماً صحيحة (ويمكن أن تكون النسبة $m/n$ أصغر من 1 أو مساوياً له أو أكبر من ذلك؛ أو
- مدار دائري (مع اختلاف مركزي يبلغ 0,005 كأقصى تقدير)، مع فترة متزامنة مع الأرض (23 ساعة و56 دقيقة) وميل يتراوح بين 35 و145 درجة.

**الملاحظة 2** – نطاقات التردد التي حُددت بشأنها حدود القدرة ↑epfd والقدرة ↓epfd في لوائح الراديو هي: 10,7-13,25 و13,75-14,5 و17,3-18,6 و19,7-20,2 و27,5-28,6 و29,5-30,0 GHz.

**الملاحظة 3** – تكمل المنهجية الواردة في الملحق 1 منهجية التوصية ITU-R S.1560 فيما يتعلق بنطاقي الترددات 4 و6 GHz.

**الملاحظة 4** – تستعمل المنهجيات الواردة في هذه التوصية افتراضات الحالة الأسوأ التي تغالي في تقدير سويات التداخل الفعلية. وبالنسبة إلى بعض الأنظمة، لا سيما الأنظمة ذات التغيرات في تسديد الحزمة والتردد والقدرة وخسارة المسير و/أو عدد السواتل التي تضيء منطقة خدمة معينة في نفس الوقت، يمكن أن تكون المغالاة في التقدير كبيرة. ويمكن استعمال تقنيات تحليل أكثر تطوراً لتقييم سمات التداخل بشكل أكثر تفصيلاً من أجل تحديد سويات التداخل الحقيقية واحتمالات الحدوث المرتبطة بها.

**الملاحظة 5** – يعطي الملحق 3 مثالاً عن استعمال المنهجية الواردة في الفقرة *توصي* 2 فيما يتعلق بنظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض بنمط مدار أرضي عالٍ في الخدمة الثابتة الساتلية.

**الملاحظة 6** – يعطي الملحق 4 مثالاً عن استعمال المنهجية الواردة في الفقرة *توصي* 3 فيما يتعلق بنظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض بنمط مدار أرضي عالٍ في الخدمة الثابتة الساتلية.

# الملحق 1

# منهجيات حساب سويات التداخل في أسوأ حالة، الذي تسببه أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية، لشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في بعض نطاقات التردد بين 10 و30 GHz عندما تكون حدود القدرة ↑epfd والقدرة ↓epfd غير محددة في لوائح الراديو

ينبغي استعمال المنهجية التالية لحساب السويات المحتملة للتداخل الذي تسببه أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط مدار أرضي عالٍ في الخدمة الثابتة الساتلية تعمل على نفس التردد، لشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في بعض نطاقات التردد بين 10 و30 GHz عندما تكون حدود القدرة ↑epfd والقدرة ↓epfd غير محددة في لوائح الراديو.

## 1 البيانات المتعلقة بالنظام غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية

المعلومات التالية مطلوبة فيما يتعلق بالنظام غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية:

*إرسال فضاء–أرض*

$\theta_{D\text{-}min}$: المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة أرضية GSO FSS بين خط البصر باتجاه أحد سواتل الإرسال الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخط البصر باتجاه الساتل GSO المرتبط بها (بالدرجات).

$pfd_{D\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max}$: كثافة تدفق القدرة القصوى المشعة عند سطح الأرض للمحطة الأرضية للشبكة GSO FSS بسبب إرسالات صادرة عن كل ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الكوكبة ((dB(W/(m$^2$ · Hz))).

$N_D$: العدد الأقصى للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على نفس التردد في نظام ساتلي يعمل بمدارات أرضية عالية يرسل باتجاه نفس المنطقة الجغرافية للأرض. وهناك حاجة للإشارة إلى عدد هذه السواتل كدالة للنسبة المئوية من الوقت.

*إرسال أرض–فضاء*

$\theta_{U\text{-}min}$: المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة إرسال أرضية GSO FSS بين خط البصر باتجاه مدار السواتل GSO وخط البصر باتجاه الساتل non-GSO المرتبط بها (بالدرجات).

$e.i.r.p_{non\text{-}GSO\text{-}max}$: القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية خارج المحور الصادرة من محطة الإرسال الأرضية non-GSO في حالة مباعدة زاوية دنيا ($\theta_{U\text{-}min}$) ((dB(W/Hz)).

$N_U$: العدد الأقصى لمحطات الإرسال الأرضية non-GSO العاملة على نفس التردد في نظام ساتلي يعمل بمدارات أرضية عالية داخل منطقة جغرافية من الأرض من المرجح أن تستلمها حزمة استقبال واحدة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض.

## 2 البيانات المتعلقة بالشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية

المعلومات التالية مطلوبة فيما يتعلق بالشبكة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض:

*حساسية محطة الاستقبال الأرضية:*

$G_{GSO\text{-}ES\text{-}max}$: الكسب الأقصى خارج المحور المفترض لمحطة الاستقبال الأرضية GSO بالاتجاه المقابل للمباعدة الزاوية الدنيا ($\theta_{D\text{-}min}$) للساتل non-GSO عندما يكون في حالة الإرسال الفعال (dBi).

$T_{GSO\text{-}ES}$: درجة حرارة الضوضاء المفترضة لنظام الاستقبال في ظروف السماء الصافية (بما في ذلك ضوضاء هوائي الاستقبال) على الوصلة الهابطة GSO. وتوخياً للحذر، ليست هناك حاجة لمراعاة حالات الانحطاط التي تتعرض لها الوصلة الشاملة بسبب التداخل على الوصلة الصاعدة (K).

*حساسية الساتل عند الاستقبال*

$G_{GSO\text{-}SS\text{-}max}$: الكسب الأقصى المفترض لهوائي الاستقبال للساتل GSO (dBi).

$T_{GSO\text{-}SS}$: درجة حرارة الضوضاء المفترضة لنظام الاستقبال في ظروف السماء الصافية على الوصلة الصاعدة GSO. وتوخياً للحذر، ليست هناك حاجة لمراعاة حالات الانحطاط التي تتعرض لها الوصلة الشاملة بسبب التداخل على الوصلة الهابطة (K).

## 3 حساب التداخل الذي تتعرض له الشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلة الهابطة

تسمح الخطوات الثلاث التالية بحساب الانحطاط في درجة حرارة الضوضاء لنظام الاستقبال للشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلة الهابطة بسبب التداخلات الناتجة عن نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض:

الخطوة *D1*:حساب القيمة القصوى للكثافة الطيفية لقدرة الإشارة المسببة للتداخل ($I_{0\text{-}ES}$) الصادرة من ساتل non-GSO واحد عند خرج هوائي المحطة الأرضية:

$$I_{0\text{-}ES} = pfd_{D\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max} + G_{GSO\text{-}ES\text{-}max} + 10\log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{1}$$

حيث يشير الرمز $\lambda$ إلى طول الموجة (m).

الخطوة *D2*: حساب الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء ($N_0$) عند خرج هوائي المحطة الأرضية GSO:

$$N_{0\text{-}ES} = 10\log(k\,T_{GSO\text{-}ES}) \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{2}$$

حيث يشير الرمز $k$ إلى ثابت بولتزمان.

الخطوة *D3*:حساب انحطاط درجة حرارة الضوضاء لنظام الاستقبال على الوصلة الهابطة ($\Delta T/T_D$) بسبب التداخل الناتج عن كوكبة السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض:

$$\Delta T/T_D = N_D 10^{\left(\frac{I_{0\text{-}ES} - N_{0\text{-}ES}}{10}\right)} \tag{3}$$

## 4 حساب التداخل الذي تتعرض له الشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية على الوصلة الصاعدة

تسمح الخطوات الأربع التالية بحساب الانحطاط في درجة حرارة الضوضاء لنظام الاستقبال للشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلة الصاعدة بسبب التداخلات الناتجة عن نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية:

الخطوة *U1*:حساب القيمة القصوى للكثافة الطيفية عند المحطة الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض ($pfd_{U\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max}$) الصادرة من محطة إرسال أرضية واحدة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض: تجدر الملاحظة أن هذه المعادلة تفترض أن محطة الإرسال الأرضية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض تقع عند المسافة الدنيا التي تفصلها عن ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض. وتجدر الملاحظة أيضاً أن المباعدة الزاوية الناتجة، ستكون أكبر من المباعدة الزاوية الدنيا المستعملة في التحليل. وبالتالي، سيؤدي ذلك إلى المغالاة في تقدير التداخل.

$$pfd_{U\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max} = e.i.r.p_{non\text{-}GSO\text{-}max} - 10\log(4\pi(35\,786)^2) - 60 \quad \text{dB(W/(m}^2\text{ Hz))} \tag{4}$$

الخطوة *U2*: حساب الكثافة الطيفية لقدرة الإشارة المسببة للتداخل ($I_{0\text{-}SS}$) عند خرج هوائي المحطة الفضائية GSO:

$$I_{0\text{-}SS} = pfd_{U\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max} + G_{GSO\text{-}SS\text{-}max} + 10\log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{5}$$

حيث يشير الرمز $\lambda$ إلى طول الموجة (m)

الخطوة *U3*: حساب الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء ($N_0$) عند خرج هوائي المحطة الفضائية GSO:

$$N_{0\text{-}SS} = 10\log(k\,T_{GSO\text{-}SS}) \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{6}$$

حيث يشير الرمز $k$ إلى ثابت بولتزمان.

الخطوة *U4*: حساب انحطاط درجة حرارة الضوضاء لنظام الاستقبال على الوصلة الصاعدة ($\Delta T/T_U$):

$$\Delta T/T_U = N_U\,10^{\left(\frac{I_{0\text{-}SS} - N_{0\text{-}SS}}{10}\right)} \tag{7}$$

## 5 أنظمة متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية

تعد المنهجية المشار إليها أعلاه مفيدة لحساب التداخلات وحيدة المصدر التي يسببها نظام معين. ولا تكون هذه المنهجية ملائمة إذا ما طُبقت على حالة أنظمة متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض عددها $M$ في الخدمة الثابتة الساتلية التي تتقاسم نفس نطاقات التردد، نظراً لأن السويات القصوى للكثافة الطيفية لقدرة الإشارة المسببة للتداخل الناتجة عن أنظمة non-GSO في الخدمة FSS والمباعدة الزاوية الدنيا بالنسبة إلى القوس GSO قد تختلف حسب النظام.

ولتطبيق مبدأ المنهجية المذكورة أعلاه على حالة أنظمة متعددة non-GSO، ينبغي مراعاة ما يلي:

- بعد الخطوتين D1 وU2، ينبغي حساب سويات الكثافة الطيفية لقدرة الإشارة الكلية المسببة للتداخل على الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة بواسطة جمع كل سوية من سويات التداخل وحيد المصدر الناتج عن أنظمة متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض عددها $M$ في الخدمة الثابتة الساتلية على النحو التالي:

الخطوة *D1m*: حساب القيمة القصوى للكثافة الطيفية لقدرة الإشارة الكلية المسببة للتداخل (dB(W/Hz)) ($I_{A\text{-}0\text{-}ES}$) الصادرة من سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض عددها $M$ عند خرج هوائي المحطة الأرضية GSO في الخدمة الثابتة الساتلية:

$$I_{A\text{-}0\text{-}ES} = 10 \log \sum_{m=1}^{M} 10^{\left[\frac{I_{0\text{-}ES\text{-}m}}{10}\right]} \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{8}$$

$I_{0\text{-}ES\text{-}m}$: القيمة القصوى للكثافة الطيفية لقدرة الإشارة الكلية المسببة للتداخل الناتج عن سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في أنظمة non-GSO بالترتيب $m$. ويتم الحصول على هذه القيمة بواسطة المعادلة التالية:

$$I_{0\text{-}ES\text{-}m} = I_{0\text{-}ES} + 10 \log N_{D\text{-}m} \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{9}$$

$N_{D\text{-}m}$: العدد الأقصى لسواتل تعمل على نفس التردد في نظام non-GSO FSS بالترتيب $m$ يعمل بمدارات أرضية عالية ترسل باتجاه نفس المنطقة الجغرافية من الأرض.

الخطوة *D3m*: يمكن حساب النسبة $\Delta T/T_{Dm}$ في حالة أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية عددها $N$ على النحو التالي باستعمال القيم التي يتم الحصول عليها في الخطوتين D1m وD2

$$\frac{\Delta T}{T_{Dm}} = 10^{\left[\frac{I_{A\text{-}0\text{-}ES} - N_{0\text{-}ES}}{10}\right]} \tag{10}$$

الخطوة *U2m*: حساب القيمة القصوى للكثافة الطيفية لقدرة الإشارة الكلية المسببة للتداخل ((dB(W/Hz) ($I_{A\text{-}0\text{-}ES}$) الصادرة من محطات أرضية في أنظمة متعددة $M$ غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض عند خرج هوائي المحطة الفضائية GSO:

$$I_{A\text{-}0\text{-}SS} = 10 \log \sum_{m=1}^{M} 10^{\left[\frac{I_{0\text{-}SS\text{-}m}}{10}\right]} \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{11}$$

$I_{0\text{-}ES\text{-}m}$: القيمة القصوى للكثافة الطيفية لقدرة الإشارة الكلية المسببة للتداخل الناتج عن محطات أرضية في أنظمة non-GSO بالترتيب $m$. ويتم الحصول على هذه القيمة بواسطة المعادلة التالية:

$$I_{0\text{-}SS\text{-}m} = I_{0\text{-}SS} + 10 \log N_{U\text{-}m} \quad \text{dB(W/Hz)} \tag{12}$$

$N_{U\text{-}m}$: العدد الأقصى لمحطات إرسال أرضية تعمل على نفس الترددات في نظام non-GSO FSS بالترتيب $m$ يعمل بمدارات أرضية عالية داخل منطقة جغرافية من الأرض من المرجح أن تستلمها حزمة استقبال واحدة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض.

الخطوة *U4m*: يمكن حساب الانحطاط الذي تسببه أنظمة متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض عددها $M$ لنظام استقبال على الوصلة الصاعدة، $\Delta T/T_{Um}$، على النحو التالي باستعمال القيم التي يتم الحصول عليها في الخطوتين U2m وU3.

$$\frac{\Delta T}{T_{Um}} = 10^{\left[\frac{I_{A\text{-}0\text{-}SS} - N_{0\text{-}SS}}{10}\right]} \tag{13}$$

# الملحق 2

# منهجيات حساب سويات التداخل في أسوأ حالة، الذي تسببه أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية لشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في بعض نطاقات التردد بين 10 و30 GHz عندما تكون حدود القدرة epfd↑ والقدرة epfd↓ محددة في لوائح الراديو

ينبغي استعمال المنهجية التالية لحساب سويات التداخل في أسوأ حالة، الذي تسببه أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من نمط مدار أرضي عالٍ في الخدمة الثابتة الساتلية تعمل على نفس التردد، لشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة في بعض نطاقات التردد بين 10 و30 GHz عندما تكون حدود القدرة epfd↑ والقدرة epfd↓ محددة في لوائح الراديو.

## 1 البيانات المتعلقة بالنظام غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية

المعلومات التالية مطلوبة فيما يتعلق بالنظام غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية:

*إرسال فضاء-أرض*

$\theta_{D\text{-}min}$: المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة أرضية GSO FSS بين خط البصر باتجاه أحد سواتل الإرسال الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخط البصر باتجاه الساتل GSO المرتبط بها (بالدرجات).

$pfd_{D\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max}$: كثافة تدفق القدرة القصوى المشعة عند سطح الأرض للمحطة الأرضية للشبكة GSO FSS من كل ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الكوكبة ((dB(W/(m$^2$ · Hz))).

$N_D$: العدد الأقصى للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على نفس التردد في نظام ساتلي يعمل بمدارات أرضية عالية يرسل باتجاه نفس المنطقة الجغرافية للأرض. وهناك حاجة للإشارة إلى عدد هذه السواتل كدالة للنسبة المئوية من الوقت.

*إرسال أرض-فضاء*

$\theta_{U\text{-}min}$: المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة إرسال أرضية non GSO FSS بين خط البصر باتجاه مدار السواتل GSO الفعالة وخط البصر باتجاه الساتل non-GSO المرتبط بها (بالدرجات).

$e.i.r.p_{non\text{-}GSO\text{-}max}$: القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة المكافئة المتناحية خارج المحور المشعة من محطة الإرسال الأرضية non-GSO في حالة مباعدة زاوية دنيا ($\theta_{U\text{-}min}$) ((dB(W/Hz)).

$N_U$: العدد الأقصى لمحطات الإرسال الأرضية non-GSO العاملة على نفس التردد في نظام ساتلي يعمل بمدارات أرضية عالية داخل منطقة جغرافية من الأرض من المرجح أن تستلمها حزمة استقبال واحدة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض.

## 2 البيانات المتعلقة بالشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية

المعلومات التالية مطلوبة فيما يتعلق بالشبكة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض:

*حساسية محطة الاستقبال الأرضية*:

$G_{GSO\text{-}ES\text{-}max}$: الكسب الأقصى خارج المحور المفترض لمحطة الاستقبال الأرضية GSO بالاتجاه المقابل للمباعدة الزاوية الدنيا ($\theta_{D\text{-}min}$) للساتل non-GSO عندما يكون في حالة الإرسال الفعال (dBi).

$G_{GSO\text{-}ES}$: الكسب الأقصى المفترض لهوائي محطة الاستقبال الأرضية GSO (dBi).

*حساسية الساتل عند الاستقبال*

$G_{GSO\text{-}SS\text{-}max}$: الكسب الأقصى المفترض خارج المحور لهوائي الاستقبال للساتل GSO (dBi).

$G_{GSO\text{-}SS}$: الكسب الأقصى المفترض لهوائي الاستقبال للساتل GSO (dBi).

## 3 حساب التداخل الذي تتعرض له شبكة مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية على الوصلة الهابطة

تسمح الخطوتان التاليتان بحساب سويات القدرة $epfd_{\downarrow}$ الناتجة عن نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض والمشعة عند محطات أرضية للشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية.

الخطوة *D1*: حساب سوية القدرة $epfd_{\downarrow}$ المشعة عند خرج هوائي محطة أرضية GSO الناتجة عن ساتل واحد:

$$epfd_{\downarrow} = pfd_{D\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max} + G_{GSO\text{-}ES\text{-}max} - G_{GSO\text{-}ES} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \tag{14}$$

الخطوة *D2*: حساب سويات القدرة $epfd_{\downarrow}$ المشعة عند خرج هوائي محطة أرضية GSO الناتجة عن كوكبة سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض:

$$epfd_{\downarrow} = epfd_{\downarrow} + 10 \log N_D \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \tag{15}$$

وتجدر الملاحظة أن قيمة القدرة $epfd_{\downarrow}$ في المعادلة (15) تتعلق بعرض نطاق مرجعي يبلغ 1 Hz. وللحصول على قيمة القدرة $epfd_{\downarrow}$ فيما يخص عرض نطاق مرجعي يبلغ $F$ kHz، ينبغي إضافة القيمة $10 \log(1000F)$ (dB).

## 4 حساب التداخل الذي تتعرض له شبكة مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية على الوصلة الصاعدة

تسمح الخطوات الثلاث التالية بحساب سويات القدرة $epfd_{\uparrow}$ المشعة عند ساتل الشبكة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية الناتجة عن نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية.

الخطوة *U1*: حساب القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة المشعة عند المحطة الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض ($pfd_{U\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max}$) الصادرة عن محطة إرسال أرضية واحدة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض: تجدر الملاحظة أن هذه المعادلة تفترض أن محطة الإرسال الأرضية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض تقع عند المسافة الدنيا التي تفصلها عن ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض. وتجدر الملاحظة أيضاً أن المباعدة الزاوية الناتجة، ستكون أكبر من زاوية المباعدة الدنيا المستعملة في التحليل. وبالتالي، سيؤدي ذلك إلى المغالاة في تقدير التداخل.

$$pfd_{U\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max} = e.i.r.p._{non\text{-}GSO\text{-}max} - 10\log(4\pi(35786)^2) - 60 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \tag{16}$$

الخطوة *U2*: حساب القدرة ↑epfd القصوى عند خرج هوائي المحطة الفضائية GSO:

$$epfd\uparrow = pfd_{U\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max} + G_{GSO\text{-}SS\text{-}max} - G_{GSO\text{-}SS} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \tag{17}$$

الخطوة *U3*: حساب القدرة ↑epfd الكلية عند خرج هوائي المحطة الفضائية GSO:

$$Aggregate\ epfd\uparrow = epfd\uparrow + 10 \log N_u \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \tag{18}$$

وتجدر الملاحظة أن قيمة القدرة ↓epfd الكلية في المعادلة (18) تتعلق بعرض نطاق مرجعي يبلغ 1 Hz. وللحصول على قيمة القدرة ↓epfd الكلية فيما يخص عرض نطاق مرجعي يبلغ kHz *F*، ينبغي إضافة القيمة $10 \log(1000F)$ (dB).

## 5 أنظمة متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية

تعد المنهجية المشار إليها أعلاه مفيدة لحساب التداخلات وحيدة المصدر التي يسببها نظام معين. ولا تكون هذه المنهجية ملائمة إذا ما طُبقت على حالة أنظمة متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض عددها *M* في الخدمة الثابتة الساتلية التي تتقاسم نفس نطاقات التردد، نظراً لأن السويات القصوى للكثافة الطيفية لقدرة الإشارة المسببة للتداخل الناتجة عن أنظمة non-GSO في الخدمة FSS والمباعدة الزاوية الدنيا بالنسبة إلى القوس GSO قد تختلف حسب النظام.

ولتطبيق مبدأ المنهجية المذكورة أعلاه على حالة أنظمة متعددة non-GSO، ينبغي مراعاة ما يلي:

- بعد الخطوتين D2 وU3، ينبغي حساب سويات كثافة تدفق القدرة المكافئة للإشارة الكلية المسببة للتداخل (القيمة $epfd_m$ الكلية على الوصلتين الهابطة والصاعدة) بواسطة جمع كل سوية من سويات التداخل وحيد المصدر الناتج عن أنظمة متعددة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض عددها *M* في الخدمة الثابتة الساتلية على النحو التالي:

الخطوة *D2m*:

$$Aggregate\ epfd_{m\downarrow} = 10 \log \sum_{m=1}^{M} 10^{\left[\frac{epfd\ (m)\downarrow}{10}\right]} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \tag{19}$$

$epfd(m)\downarrow$: السوية القصوى لكثافة تدفق القدرة المكافئة للإشارة المسببة للتداخل المشعة عند المحطة الأرضية GSO من سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في أنظمة non-GSO بالترتيب *m*. ويتم الحصول على هذه القيمة بواسطة المعادلة (15).

وتجدر الملاحظة أن "قيمة القدرة $epfd_{m\downarrow}$ الكلية" في المعادلة (19) تتعلق بعرض نطاق مرجعي يبلغ 1 Hz. وللحصول على "قيمة القدرة $epfd_{m\downarrow}$ الكلية" فيما يخص عرض نطاق مرجعي يبلغ kHz *F*، ينبغي إضافة القيمة $10 \log(1000F)$ (dB).

الخطوة *U3m*:

$$Aggregate\ epfd_{m\uparrow} = 10 \log \sum_{m=1}^{M} 10^{\left[\frac{epfd\ (m)\uparrow}{10}\right]} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \tag{20}$$

$epfd(m)\uparrow$: هي السوية القصوى لكثافة تدفق القدرة المكافئة للإشارة المسببة للتداخل المشعة عند المحطة الفضائية GSO من سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في أنظمة non-GSO بالترتيب *m*. ويتم الحصول على هذه القيمة بواسطة المعادلة (18).

وتجدر الملاحظة أن "قيمة القدرة $epfd_{m\uparrow}$ الكلية" في المعادلة (20) تتعلق بعرض نطاق مرجعي يبلغ 1 Hz. وللحصول على "قيمة القدرة $epfd_{m\uparrow}$ الكلية" فيما يخص عرض نطاق مرجعي يبلغ kHz *F*، ينبغي إضافة القيمة $10 \log(1000F)$ (dB).

## الملحق 3

# مثال عن تطبيق المنهجية الواردة في الملحق 1 بهذه التوصية على حساب سويات التداخل، في أسوأ حالة، الذي يسببه نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية، لشبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية في نطاقات التردد GHz 19/29

## 1 النظر في نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض

يُقترح بهذا الصدد النظر في نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة بمدارات إهليلجية متزامنة مع الأرض لضمان مباعدة زاوية كبيرة بين السواتل الفعالة المختلفة ومدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض. وهذا النظام الذي يسمى فيما يلي بالنظام–1 سيوفر الخدمة الثابتة الساتلية لمحطات أرضية صغيرة مثل المطاريف ذات الفتحة الصغيرة جداً (VSAT).

يتكون هذا النظام من ثلاثة أو أربعة سواتل ذات مسارات أرضية تكرارية. ويبين الشكل 1 المسارات الأرضية لمسقط الساتل على سطح الأرض للنظام–1، مع توضيح أقواس الخدمة الفعالة بخطوط عريضة. ويُصمم هذا النظام بحيث تكون السواتل "فعالة" (أي أنها ترسل أو تعيد إرسال إشارات راديوية وتستقبلها) فقط عندما تتواجد في جزء المدار القريب من الذروة، حيث تكون سرعة الساتل في أدنى معدل لها. وتلاحظ "الأقواس الفعالة" للكوكبة فقط عندما تكون السواتل عند خطوط عرض أعلى من 30 درجة شمالاً. وتجدر الملاحظة أنه يكون هناك أحياناً ساتلان في قوس فعال معين (واحد عند بداية القوس والثاني عند النهاية) من أجل أداء أنشطة الصيانة والتمرير. وبفعل تصميم هذا النظام تكون هناك دائماً مباعدة زاوية بين السواتل الفعالة وخط البصر للمدار المستقر بالنسبة إلى الأرض تبلغ 30 درجة على الأقل. وهكذا يحقق النظام–1 التركيبة المثلى لزوايا ارتفاع عالية جداً، ووقت انتشار منخفض للإشارة بالمقارنة مع السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، وتمرير محدود للسواتل ومباعدة زاوية مرتفعة بالنسبة إلى مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

## 2 نطاقات التردد

يُقترح تشغيل النظام–1 في الجزء MHz 500 من نطاق التردد GHz 29,1-28,6 (أرض–فضاء) وفي الجزء MHz 500 من نطاق التردد GHz 18,8-19,3 (فضاء–أرض). ويوفر كل ساتل في هذا النظام قنوات اتصالات ذات "أنابيب منحنية شفافة" في هذه النطاقات.

## 3 المعلمات الرئيسية لحساب التداخل الذي تتعرض له شبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية في نطاقات التردد GHz 19/29

هناك حاجة إلى قيم المعلمات التالية لتقييم التداخل الذي يسببه هذا النمط من الأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية التي يتناولها هذا المثال للشبكات GSO FSS العاملة على نفس التردد:

*تداخلات تتعرض لها الشبكات GSO FSS على الوصلة الهابطة*

D1: مباعدة زاوية دنيا عند محطة أرضية GSO FSS بين خط البصر باتجاه أحد سواتل الإرسال الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخط البصر باتجاه الساتل GSO المرتبط بها (انظر تعريف $\theta_{D\text{-}min}$ في الملحق 1).

D2: كثافة تدفق القدرة القصوى المشعة عند سطح الأرض من كل ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الكوكبة (انظر تعريف $pfd_{D\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max}$ في الملحق 1).

D3: العدد الأقصى للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على نفس التردد والتي ترسل باتجاه نفس المنطقة الجغرافية من الأرض. وهناك حاجة للإشارة إلى عدد هذه السواتل كدالة للنسبة المئوية من الوقت (انظر تعريف $N_D$ في الملحق 1).

D4: الكسب المفترض خارج المحور لمحطة الاستقبال الأرضية GSO باتجاه السواتل الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (انظر تعريف $G_{GSO\text{-}ES\text{-}max}$ في الملحق 1). وتقدم التوصية ITU-R S.465 إرشادات بهذا الشأن.

D5: درجة حرارة الضوضاء المفترضة لنظام الاستقبال في ظروف السماء الصافية (بما في ذلك ضوضاء هوائي الاستقبال) على الوصلة الهابطة GSO (انظر تعريف $T_{GSO\text{-}ES}$ في الملحق 1). وتوخياً للحذر، ليست هناك حاجة لمراعاة حالات الانخطاط التي تتعرض لها الوصلة الشاملة بسبب التداخل على الوصلة الصاعدة.

*تداخلات تتعرض لها الشبكات GSO FSS على الوصلة الصاعدة*

U1: المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة إرسال أرضية non GSO بين خط البصر باتجاه مدار السواتل GSO الفعالة وخط البصر باتجاه الساتل non-GSO المرتبط بها (انظر تعريف $\theta_{U\text{-}min}$ في الملحق 1).

U2: القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية خارج المحور الصادرة عن محطة الإرسال الأرضية non-GSO (انظر تعريف $e.i.r.p._{non\text{-}GSO\text{-}max}$ في الملحق 1).

U3: العدد الأقصى لمحطات الإرسال الأرضية non-GSO العاملة على نفس التردد داخل منطقة جغرافية من الأرض من المرجح أن تستلمها حزمة استقبال واحدة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (انظر تعريف $N_U$ في الملحق 1).

U4: الكسب المفترض خارج المحور لهوائي الاستقبال للساتل GSO (انظر تعريف $G_{GSO\text{-}SS\text{-}max}$ في الملحق 1).

U5: درجة حرارة الضوضاء المفترضة لنظام الاستقبال في ظروف السماء الصافية للوصلة الصاعدة GSO (انظر تعريف $T_{GSO\text{-}SS}$ في الملحق 1). وتوخياً للحذر، ليست هناك حاجة لمراعاة الضوضاء على الوصلة الهابطة.

## 4 حساب التداخل الذي تتعرض له الشبكات المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلة الهابطة

بالنسبة إلى النظام non-GSO الذي نحن بصدد دراسته ألا وهو النظام–1، لا بد من المعلمات الرئيسية التالية لحساب التداخل على النحو التالي:

D1: لا تكون المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة أرضية GSO FSS بين خط البصر باتجاه أحد سواتل الإرسال الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخط البصر باتجاه الساتل GSO المرتبط بها أقل من 30 درجة إطلاقاً.

D2: لا تكون كثافة تدفق القدرة القصوى المشعة عند سطح الأرض من كل ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الكوكبة أكبر من –140 (dB(W/(m$^2$ · 4 kHz)).

D3: يتمثل العدد الأقصى للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي ترسل على نفس التردد باتجاه نفس المنطقة الجغرافية من الأرض في ساتلين. ويمكن أن تطرأ هذه الحالة لفترات قصيرة جداً عند التمرير بين ساتل فعال غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في "المصدر" وساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في "المقصد" (يستغرق التمرير عادة 10 ثوانٍ كل 8 أو 6 ساعات تبعاً لعدد السواتل في النظام الساتلي غير المستقر بالنسبة إلى الأرض). وتمثل فترة 10 ثوانٍ أقل من 0,05% من الوقت.

D4: يطابق الكسب خارج المحور المفترض لمحطة الاستقبال الأرضية GSO باتجاه سواتل فعالة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض أحكام التوصية ITU-R S.465.

D5: تبلغ قيمة درجة حرارة الضوضاء المفترضة لنظام الاستقبال في ظروف السماء الصافية (بما في ذلك ضوضاء هوائي الاستقبال) على الوصلة GSO الهابطة 500 K وهو تقدير متحفظ. ويمثل ذلك وصلة هابطة ذات نوعية أداء عالية نسبياً مع استبعاد أي حالات انخطاط تتعرض لها الوصلة الشاملة بسبب الوصلة الصاعدة.

ويرد في الجدول 1 حساب قيم التداخل في أسوأ الحالات الذي يسببه نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض لأي شبكة ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل على نفس التردد وذلك استناداً إلى المعلمات الرئيسية المذكورة أعلاه.

الجـــدول 1

**مثال لحساب أسوأ حالات التداخل على الوصلة الهابطة (على المدى القصير) الذي يسببه النظام–1 لمحطة أرضية GSO في نطاق التردد 19 GHz**

| المعلمة | الوحدات | القيمة |
|---|---|---|
| كثافة تدفق القدرة القصوى التي يشعها ساتل النظام–1 في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | $dB(W/(m^2 \cdot 4\ kHz))$ | 140– |
| زاوية الوقاية للمدار GSO | degrees | 30 |
| كسب محطة الاستقبال الأرضية GSO باتجاه ساتل النظام–1 | dBi | 4,9– |
| التردد | GHz | 19 |
| مساحة الفتحة الفعالة لمحطة الاستقبال الأرضية GSO باتجاه ساتل النظام–1 | $dB(m^2)$ | 52,0– |
| قدرة الإشارة المسببة للتداخل في محطة الاستقبال الأرضية GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | dB(W/4 kHz) | 192,0– |
| كثافة طيفية لقدرة الإشارة المسببة للتداخل في محطة الاستقبال الأرضية GSO | dB(W/Hz) | 228,0– |
| زيادة التداخل بسبب ساتلين مرئيين في آن واحد للنظام–1 | dB | 3 |
| كثافة طيفية لقدرة الإشارة المسببة للتداخل في محطة الاستقبال الأرضية GSO (حالة ساتلين مرئيين في آن واحد للنظام–1) | dB(W/Hz) | 225,0– |
| درجة حرارة ضوضاء نظام محطة الاستقبال الأرضية GSO (المفترضة) | K | 300 |
| كثافة طيفية لقدرة نظام محطة الاستقبال الأرضية GSO | dB(W/Hz) | 203,8– |
| **النسبة $I_0/N_0$ عند دخل محطة الاستقبال الأرضية GSO (أسوأ حالة)** | **dB** | **21,2–** |
| **الانخطاط $\Delta T/T$ الذي تتعرض له محطة الاستقبال الأرضية GSO (أسوأ حالة)** | **%** | **0,76** |

يبدأ التحليل في الجدول 1 بكثافة تدفق القدرة القصوى التي يشعها ساتل النظام–1 على الوصلة الهابطة على النحو المبين في البند D2. ثم يفترض أن الكسب خارج المحور لهوائي محطة الاستقبال الأرضية GSO الذي يُحسب بالاستناد إلى التوصية ITU-R S.465 (البند D4) يبلغ –4,9 dBi وذلك في حالة زاوية الوقاية للمدار GSO تبلغ 30° على الأقل (البند D1). ويُحول هذا الكسب إلى مساحة فتحة فعالة ($dB(m^2)$) باستعمال تردد استقبال ملائم يساوي 19 GHz. وبالتالي يسمح استعمال مساحة الفتحة الفعالة بإجراء حساب بسيط لقدرة الإشارة المسببة للتداخل الصادرة عن ساتل واحد في النظام–1 في عرض نطاق يبلغ 4 kHz.

بعد النظر في ساتلين مرئيين في آن واحد للنظام -1 (أسوأ حالة للتداخل على المدى القصير)، وعرض نطاق مرجعي يبلغ 1 Hz، تجري مقارنة قدرة الإشارة الكلية المسببة للتداخل بقدرة الضوضاء الملازمة لمستقبل المحطة الأرضية GSO (الناتجة عن البند D5). وبناءً على ذلك تساوي نسبة كثافة قدرة الضوضاء إلى التداخل $I_0/N_0$ المحسوبة –21,2 dB، ويعبر عنها أيضاً بانخطاط مكافئ $\Delta T/T$ لأداء محطة الاستقبال الأرضية GSO قدره 0,76%.

وأشير في الفقرات السابقة من هذا الملحق إلى أن التحليل المذكور أعلاه يؤدي إلى المغالاة في تقدير التداخل الفعلي علماً أن الساتلين المفترضين المسببين للتداخل لا يمثلان نفس زاوية المباعدة الدنيا بالنسبة إلى موقع محطة أرضية GSO معينة.

## 5 حساب التداخل الذي تتعرض له الشبكات المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلة الصاعدة

بالنسبة إلى النظام non-GSO الذي نحن بصدد دراسته ألا وهو النظام–1، لا بد من المعلمات الرئيسية التالية لحساب التداخل على النحو التالي:

U1: لا تكون المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة إرسال أرضية non GSO بين خط البصر باتجاه مدار السواتل GSO وخط البصر باتجاه الساتل non-GSO المرتبط بها، أقل من 30° إطلاقاً.

U2: يجري حساب القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية خارج المحور الصادرة من محطة الإرسال الأرضية non-GSO، انطلاقاً من الكثافة الطيفية للقدرة عند الدخل (−21 dB(W/4 kHz)) في ظروف السماء الصافية و−11 dB(W/4 kHz) في حالة الخبو بالمطر مع استعمال التحكم في القدرة على الوصلة الصاعدة) والكسب الأقصى خارج المحور لمحطة الإرسال الأرضية non-GSO باتجاه القوس GSO. ويفترض أن الكسب الأقصى خارج المحور مطابق للتوصية ITU-R S.465.

U3: هناك علاقة مباشرة بين العدد الأقصى لمحطات الإرسال الأرضية non-GSO العاملة على نفس التردد داخل منطقة جغرافية من الأرض التي من المرجح أن تستلمها حزمة استقبال واحدة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض وكسب الاستقبال الأقصى المفترض لساتل GSO (انظر البند U4). ويساوي هذا العدد عادة واحداً عندما تكون فتحة حزمة الاستقبال للساتل GSO أصغر من فتحة حزمة الاستقبال للساتل non-GSO (تقاس هذه الفتحات عند سطح الأرض). ولا يمكن أن تكون هناك عدة سواتل non-GSO ترسل على نفس التردد على الوصلة الصاعدة إلا عندما تكون فتحة حزمة الاستقبال للساتل OSG أكبر من فتحة حزمة الاستقبال للساتل non-GSO. ومع ذلك، سينخفض في هذه الحالة كسب الذروة لحزمة الاستقبال للساتل GSO مما يؤدي إلى تقليل الحساسية على الوصلة الصاعدة وسويات التداخل non GSO الناتج عن محطة إرسال أرضية non-GSO. وبالتالي، يتمثل السيناريو المرجح لأسوأ حالة للتداخل في حالة حزمة استقبال نقطية GSO عالية الكسب، تكون فتحتها (المقيسة عند سطح الأرض) أصغر إلى حد كبير من فتحة حزمة الاستقبال للساتل non-GSO. وبالتالي لن يراعي حساب التداخل على الوصلة الصاعدة سوى محطة أرضية non GSO واحدة ترسل على نفس التردد (أي افتراض نفاذ متعدد بتقسيم التردد). ولكن يفترض وجود محطتين أرضيتين non-GSO لتحليل أسوأ حالة للتداخل على الوصلة الصاعدة في حالة التمرير بين السواتل.

U4: انظر التعليقات الواردة في البند U3 فيما يتعلق بالكسب المفترض لهوائي الاستقبال للساتل GSO باتجاه المحطة الأرضية للنظام–1.

U5: تبلغ قيمة درجة حرارة الضوضاء المفترضة لنظام الاستقبال في ظروف السماء الصافية على الوصلة الصاعدة GSO K 500 وهو تقدير متحفظ. ويتعلق الأمر بمستقبل ساتلي ذي نوعية أداء عالية نسبياً، مع استبعاد أي حالات انحطاط تتعرض لها الوصلة الشاملة بسبب الوصلة الصاعدة.

ويرد في الجدول 2 حساب قيم التداخل في أسوأ الحالات الذي يسببه نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض لأي شبكة ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل على نفس التردد وذلك استناداً إلى المعلمات الرئيسية المذكورة أعلاه.

وهناك عمودان للحساب: عمود خاص بظروف السماء الصافية وعمود خاص بظروف المطر حيث إن التحكم في القدرة على الوصلة الصاعدة يؤدي إلى زيادة قدرة الإرسال إلى أقصى قدر ممكن للتعويض عن الخبو بسبب المطر. وفي الواقع، يعطي الحساب في ظروف السماء الصافية التقييم الأكثر واقعية لحالة التداخل على الوصلة الصاعدة، نظراً لأنه في ظروف الخبو بسبب المطر، يمكن افتراض أن مسار الإشارة المسببة للتداخل يتعرض أيضاً للتوهين بنفس القدر تقريباً الذي يتأثر به مسار الإشارة المطلوبة في النظام–1. ويمكن ملاحظة سويات التداخل في ظروف المطر فقط إذا كان خط البصر بين محطة الإرسال

الأرضية للنظام–1 والساتل GSO في حالة عدم الخبو وإذا كان خط البصر باتجاه ساتل النظام–1 في حالة خبو تام. وتطرأ هذه الحالة بصورة نادرة جداً، وإن طرأت، فإنها تستغرق مدة قصيرة جداً.

الجـــدول 2

**مثال لحساب أسوأ حالات التداخل على الوصلة الصاعدة الذي يسببه النظام–1 لمحطة أرضية GSO في نطاق التردد 29 GHz**

| المعلمة | القيمة (سماء صافية) | القيمة (مطر) | الوحدات |
|---|---|---|---|
| القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة التي يشعها ساتل النظام–1 في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 21– | 11– | dB(W/4 kHz) |
| زاوية الوقاية للمدار GSO | 30 | 30 | degrees |
| كسب محطة الإرسال الأرضية للنظام–1 باتجاه الساتل GSO | 4,9– | 4,9– | dBi |
| الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة الإرسال الأرضية للنظام–1 باتجاه الساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 25,9– | 15,9– | dB(W/4 kHz) |
| كثافة تدفق القدرة المشعة باتجاه الساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 188,4– | 178,4– | dB(W/(m$^2$ · 4 kHz)) |
| التردد | 29 | 29 | GHz |
| الكسب المفترض لهوائي نظام الاستقبال للساتل GSO باتجاه المحطة الأرضية للنظام–1 | 44 | 44 | dBi |
| مساحة الفتحة الفعالة لنظام الاستقبال للساتل GSO باتجاه المحطة الأرضية للنظام–1 | 6,7– | 6,7– | dB(m$^2$) |
| قدرة الإشارة المسببة للتداخل في الساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 195,1– | 185,1– | dB(W/4 kHz) |
| كثافة القدرة الطيفية للإشارة المسببة للتداخل في نظام الاستقبال للساتل GSO (محطة أرضية للنظام–1) | 231,1– | 221,1– | dB(W/Hz) |
| كثافة القدرة الطيفية للإشارة المسببة للتداخل في نظام الاستقبال للساتل GSO (محطاتان أرضيتان للنظام–1) | 228,1– | 218,1– | dB(W/Hz) |
| درجة حرارة ضوضاء نظام الاستقبال للساتل GSO (المفترضة) | 500 | 500 | K |
| الكثافة الطيفية لقدرة ضوضاء نظام الاستقبال للساتل GSO | 201,6– | 201,6– | dB(W/Hz) |
| **النسبة $I_0/N_0$ عند دخل نظام الاستقبال للساتل GSO (أسوأ حالة)** | **26,5–** | **16,5–** | **dB** |
| **الانحطاط $\Delta T/T$ الذي يتعرض له نظام الاستقبال للساتل GSO (أسوأ حالة)** | **0,22** | **2,2** | **%** |

تطابق منهجية الحساب المبينة في الجدول 2 المنهجية المستعملة للوصلة الهابطة (انظر الجدول 1) باستعمال المعلمات من U1 إلىU5 الوارد وصفها أعلاه.

كما أشير أعلاه، تتعلق القيم $\Delta T/T$ التي نتجت عن هذا التحليل بالتداخلات قصيرة المدى فقط (التي تبلغ حوالي 10 ثوانٍ كل 8 أو 6 ساعات تبعاً لعدد السواتل في النظام الساتلي غير المستقر بالنسبة إلى الأرض، أو أقل من 0,05% من الوقت). وتكون القيم $I_0/N_0$ على المدى الطويل أدنى من ذلك بمقدار 3 dB على الأقل نظراً لأن المحطة الأرضية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض ترسل فقط باتجاه ساتل واحد. ويؤدي هذا الانخفاض الذي يبلغ 3 dB إلى قيم $\Delta T/T$ تبلغ 0,22% في ظروف السماء الصافية و2,2% في حالة استعمال قدرة التحكم في حالات الخبو بسبب المطر.

## الملحق 4

# مثال عن تطبيق المنهجية الواردة في الملحق 2 بهذه التوصية على حساب سويات التداخل، في أسوأ حالة، الذي يسببه نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية، لشبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية في نطاقات التردد GHz 18/28

## 1 النظر في نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض

يُقترح بهذا الصدد النظر في نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض من نمط المدار الأرضي العالي في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة بمدارات إهليلجية متزامنة مع الأرض لضمان مباعدة زاوية كبيرة للسواتل الفعالة المختلفة عن مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض. وهذا النظام الذي يسمى فيما يلي بالنظام–2 سيوفر الخدمة الثابتة الساتلية لمحطات أرضية صغيرة مثل المطاريف ذات الفتحة الصغيرة جداً (VSAT).

يتكون هذا النظام من ثلاثة أو أربعة سواتل ذات مسارات أرضية تكرارية. ويبين الشكل 1 مسارات أرضية لمسقط الساتل على سطح الأرض للنظام–2، مع توضيح أقواس الخدمة الفعالة بخطوط عريضة. ويُصمم هذا النظام بحيث تكون السواتل "فعالة" (أي أنها ترسل أو تعيد إرسال إشارات راديوية وتستقبلها) فقط عندما تتواجد في جزء المدار القريب من الذروة، حيث تكون سرعة الساتل في أدنى معدل لها. وتلاحظ "الأقواس الفعالة" للكوكبة فقط عندما تكون السواتل عند خطوط عرض أعلى من 30 درجة شمالاً. وتجدر الملاحظة أنه يكون هناك أحياناً ساتلان في قوس فعال معين (واحد عند بداية القوس والثاني عند النهاية) من أجل أداء أنشطة الصيانة والتمرير. وبفعل تصميم هذا النظام تكون هناك دائماً مباعدة زاوية بين السواتل الفعالة وخط البصر للمدار المستقر بالنسبة إلى الأرض تبلغ 30 درجة على الأقل. وهكذا يحقق النظام–2 التركيبة المثلى لزوايا ارتفاع عالية جداً، ووقت انتشار منخفض للإشارة بالمقارنة مع السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، وتمرير محدود للسواتل ومباعدة زاوية عالية بالنسبة إلى مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

## 2 نطاقات التردد

يُقترح تشغيل النظام–2 في نطاق التردد GHz 28 (أرض–فضاء) وفي نطاق التردد GHz 18 (فضاء–أرض). ويوفر كل ساتل في هذا النظام قنوات اتصالات ذات "أنابيب منحنية شفافة" في هذه النطاقات.

## 3 المعلمات الرئيسية لحساب التداخل الذي تتعرض له شبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية في نطاقات التردد GHz 18/28

هناك حاجة إلى قيم المعلمات التالية لتقييم التداخل الذي يسببه هذا النمط من الأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية التي يتناولها هذا المثال للشبكات GSO FSS العاملة على نفس التردد:

*تداخلات تتعرض لها الشبكات GSO FSS على الوصلة الهابطة*

D1: مباعدة زاوية دنيا عند محطة أرضية GSO FSS بين خط البصر باتجاه أحد سواتل الإرسال الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخط البصر باتجاه الساتل GSO المرتبط بها (انظر تعريف $\theta_{D\text{-}min}$ في الملحق 2).

D2: كثافة تدفق القدرة القصوى المشعة عند سطح الأرض من كل ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الكوكبة (انظر تعريف $pfd_{D\text{-}non\text{-}GSO\text{-}max}$ في الملحق 2).

D3: العدد الأقصى للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على نفس التردد والتي ترسل باتجاه نفس المنطقة الجغرافية من الأرض. وهناك حاجة للإشارة إلى عدد هذه السواتل كدالة للنسبة المئوية من الوقت (انظر تعريف $N_D$ في الملحق 2).

D4: الكسب الأقصى المفترض خارج المحور لمحطة الاستقبال الأرضية GSO باتجاه السواتل الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (نظر تعريف $G_{GSO\text{-}ES\text{-}max}$ في الملحق 2). وتقدم التوصية ITU-R S.465 إرشادات بهذا الشأن.

*تداخلات تتعرض لها الشبكات GSO FSS على الوصلة الصاعدة*

U1: المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة إرسال أرضية non GSO بين خط البصر باتجاه مدار الساتل GSO وخط البصر باتجاه الساتل non-GSO المرتبط به (انظر تعريف $\theta_{U\text{-}min}$ في الملحق 2).

U2: القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية خارج المحور الصادرة من محطة الإرسال الأرضية non-GSO (انظر تعريف $e.i.r.p._{non\text{-}GSO\text{-}max}$ في الملحق 2).

U3: العدد الأقصى لمحطات الإرسال الأرضية non-GSO العاملة على نفس التردد داخل منطقة جغرافية من الأرض التي من المرجح أن تستلمها حزمة استقبال واحدة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (انظر تعريف $N_U$ في الملحق 2).

U4: الكسب الأقصى خارج المحور المفترض لهوائي الاستقبال للساتل GSO (انظر تعريف $G_{GSO\text{-}SS\text{-}max}$ في الملحق 2).

## 4 حساب التداخل الذي تتعرض له الشبكات المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلة الهابطة

بالنسبة إلى النظام non-GSO الذي نحن بصدد دراسته ألا وهو النظام–2، لا بد من المعلمات الرئيسية التالية لحساب التداخل على النحو التالي:

D1: لا تكون المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة إرسال أرضية GSO بين خط البصر باتجاه نظام الإرسال للسواتل الفعالة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخط البصر باتجاه الساتل GSO المرتبط به، أقل من 30° إطلاقاً.

D2: لا تكون كثافة تدفق القدرة القصوى المشعة عند سطح الأرض بسبب إرسالات صادرة من كل ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الكوكبة أكبر من –140 dB(W/(m$^2$ · 4 kHz)).

D3: يتمثل العدد الأقصى للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي ترسل على نفس التردد باتجاه نفس المنطقة الجغرافية من الأرض في ساتلين. ويمكن أن تطرأ هذه الحالة لفترات قصيرة جداً عند التمرير بين ساتل فعال غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في "المصدر" وساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في "المقصد" (يستغرق التمرير عادة 10 ثوانٍ كل 8 أو 6 ساعات تبعاً لعدد السواتل في النظام الساتلي غير المستقر بالنسبة إلى الأرض). وتمثل فترة 10 ثوانٍ أقل من 0,05% من الوقت.

D4: يطابق الكسب خارج المحور المفترض لهوائي محطة الاستقبال الأرضية GSO أحكام التوصية ITU-R S.465.

ويرد في الجدول 3 حساب قيم التداخل في أسوأ الحالات الذي يسببه نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض لأي شبكة ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل على نفس التردد وذلك استناداً إلى المعلمات الرئيسية المذكورة أعلاه.

يبدأ التحليل في الجدول 1 بكثافة تدفق القدرة القصوى التي يشعها ساتل النظام–2 على الوصلة الهابطة على النحو المبين في البند D2. ثم يفترض أن الكسب خارج المحور لهوائي محطة الاستقبال الأرضية GSO الذي يُحسب بالاستناد إلى التوصية ITU-R S.465 (البند D4) يبلغ –4,9 dBi وذلك في حالة زاوية الوقاية للمدار GSO تبلغ 30° على الأقل (البند D1). ويسمح استعمال القيمة القصوى لكسب الهوائي خارج المحور بإجراء حساب بسيط لسويات القدرة $epfd\downarrow$ للإشارة المسببة للتداخل المستلمة في عرض نطاق يبلغ 4 kHz من ساتل واحد في النظام–2. وبعد النظر في ساتلين مرئيين في آن واحد للنظام–2 (أسوأ حالة للتداخل على المدى القصير)، وعرض نطاق مرجعي يبلغ 40 kHz، يمكن الحصول على سويات القدرة $epfd\downarrow$ للإشارة الكلية المسببة للتداخل في عرض نطاق يبلغ 40 kHz.

وأشير في الفقرات السابقة من هذا الملحق إلى أن التحليل المذكور أعلاه يؤدي إلى المغالاة في تقدير التداخل الفعلي علماً بأن الساتلين المفترضين المسببين للتداخل لا يمثلان نفس زاوية المباعدة الدنيا بالنسبة إلى موقع محطة أرضية GSO معينة.

الجـــدول 3

**مثال لحساب التداخل على الوصلة الهابطة (على المدى القصير) في أسوأ حالة، الذي يسببه النظام–2 لمحطة أرضية GSO في نطاق التردد 18 GHz**

| المعلمة | الوحدات | القيمة |
|---|---|---|
| كثافة تدفق القدرة القصوى التي يشعها ساتل النظام–2 في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | dB(W/(m$^2$ · 4 kHz)) | 140– |
| زاوية الوقاية للمدار GSO | degrees | 30 |
| التردد | GHz | 18 |
| الكسب الأقصى لمحطة الاستقبال الأرضية GSO (1 m) | dBi | 43,3 |
| كسب محطة الاستقبال الأرضية GSO باتجاه ساتل النظام–2 | dBi | 4,9– |
| سويات القدرة $epfd_{\downarrow}$ للإشارة المسببة للتداخل عند محطة الاستقبال الأرضية GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | dB(W/(m$^2$ · 4 kHz)) | 188,2– |
| سويات القدرة $epfd_{\downarrow}$ للإشارة المسببة للتداخل عند محطة الاستقبال الأرضية GSO في عرض نطاق يبلغ 40 kHz | dB(W/(m$^2$ · 40 kHz)) | **178,2–** |
| زيادة التداخل بسبب ساتلين مرئيين في آن واحد للنظام–2 | dB | **3** |
| سويات القدرة $epfd_{\downarrow}$ للإشارة المسببة للتداخل عند محطة الاستقبال الأرضية GSO في عرض نطاق يبلغ 40 kHz (حالة ساتلين للنظام–2) | dB(W/(m$^2$ · 40 kHz)) | **175,2–** |

## 5 حساب التداخل الذي تتعرض له الشبكات المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلة الصاعدة

بالنسبة إلى النظام non-GSO الذي نحن بصدد دراسته ألا وهو (النظام–2)، لا بد من المعلمات الرئيسية التالية لحساب التداخل على النحو التالي:

U1: لا تكون المباعدة الزاوية الدنيا عند محطة إرسال أرضية non GSO بين خط البصر باتجاه مدار السواتل GSO وخط البصر باتجاه الساتل non-GSO المرتبط بها، أقل من 30° إطلاقاً.

U2: يجري حساب القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية خارج المحور الصادرة من محطة الإرسال الأرضية non-GSO، انطلاقاً من الكثافة الطيفية للقدرة عند الدخل −21 (dB(W/4 kHz)) في ظروف السماء الصافية و−11 (dB(W/4 kHz) في حالة الخبو بالمطر مع استعمال التحكم في القدرة على الوصلة الصاعدة) والكسب الأقصى خارج المحور لمحطة الإرسال الأرضية non-GSO باتجاه القوس GSO. ويفترض أن الكسب الأقصى خارج المحور مطابق لأحكام لتوصية ITU-R S.465.

U3: هناك علاقة مباشرة بين العدد الأقصى لمحطات الإرسال الأرضية non-GSO العاملة على نفس التردد داخل منطقة جغرافية من الأرض التي من المرجح أن تستلمها حزمة استقبال واحدة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض وكسب الاستقبال الأقصى المفترض لساتل GSO باتجاه المحطة الأرضية للنظام–2 (انظر البند U4). ويساوي هذا العدد عادة واحداً عندما تكون فتحة حزمة الاستقبال للساتل GSO أصغر من فتحة حزمة الاستقبال للساتل non-GSO (تقاس هذه الفتحات عند سطح الأرض). ولا يمكن أن تكون هناك عدة سواتل non-GSO ترسل على نفس التردد على الوصلة الصاعدة إلا عندما تكون فتحة حزمة الاستقبال للساتل OSG أكبر من فتحة حزمة الاستقبال للساتل non-GSO. ومع ذلك، سينخفض في هذه الحالة كسب الذروة لحزمة الاستقبال للساتل GSO مما يؤدي إلى تقليل الحساسية على الوصلة الصاعدة وسويات التداخل non GSO الناتج عن محطة إرسال أرضية non-GSO. وبالتالي، يتمثل السيناريو المرجح لأسوأ حالة للتداخل في حالة حزمة استقبال نقطية GSO عالية الكسب، تكون

فتحتها (المقيسة عند سطح الأرض) أصغر إلى حد كبير من فتحة حزمة الاستقبال للساتل non-GSO. وبالتالي لن يراعي حساب التداخل على الوصلة الصاعدة سوى محطة أرضية non GSO واحدة ترسل على نفس التردد (أي افتراض نفاذ متعدد بتقسيم التردد). ولكن يفترض وجود محطتين أرضيتين non-GSO لتحليل أسوأ حالة للتداخل على الوصلة الصاعدة في حالة التمرير بين السواتل.

U4: انظر التعليقات الواردة في البند U3 فيما يتعلق بالكسب المفترض لهوائي الاستقبال للساتل GSO باتجاه المحطة الأرضية للنظام–2. وتكون القيمة القصوى لكسب هوائي الاستقبال للنظام GSO مطلوبة أيضاً. وتوخياً للحذر، بالنسبة لحساب التداخل على الوصلة الصاعدة، يفترض أن هذه القيمة القصوى لكسب الهوائي تساوي الكسب باتجاه المحطة الأرضية للنظام–2.

ويرد في الجدول 4 حساب قيم التداخل في أسوأ الحالات الذي يسببه نظام ساتلي غير مستقر بالنسبة إلى الأرض لأي شبكة ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل على نفس التردد وذلك استناداً إلى المعلمات الرئيسية المذكورة أعلاه. وهناك عمودان للحساب: عمود خاص بظروف السماء الصافية وعمود خاص بظروف المطر حيث أن التحكم في القدرة على الوصلة الصاعدة يؤدي إلى زيادة قدرة الإرسال إلى أقصى قدر ممكن للتعويض عن الخبو بسبب المطر. وفي الواقع، يعطي الحساب في ظروف السماء الصافية التقييم الأكثر واقعية لحالة التداخل على الوصلة الصاعدة، نظراً لأن في ظروف الخبو بسبب المطر، يمكن افتراض أن مسار الإشارة المسببة للتداخل يتعرض أيضاً للتوهين بنفس القدر تقريباً الذي يتأثر به مسار الإشارة المطلوبة في النظام–2. ويمكن أن تحدث سويات التداخل في ظروف المطر فقط إذا كان خط البصر بين محطة الإرسال الأرضية للنظام–2 والساتل GSO في حالة عدم الخبو وإذا كان خط البصر باتجاه ساتل النظام–1 في حالة خبو تام. وتطرأ هذه الحالة بصورة نادرة جداً، وإن طرأت، فإنها تستغرق مدة قصيرة جداً.

الجـــدول 4

**مثال لحساب التداخل على الوصلة الصاعدة في أسوأ حالة، الذي تسببه محطة إرسال أرضية تابعة للنظام–2 لمستقبِل للساتل GSO في نطاق التردد 28 GHz**

| المعلمة | القيمة (سماء صافية) | القيمة (مطر) | الوحدات |
|---|---|---|---|
| القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة التي يشعها ساتل النظام–2 في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 21– | 11– | dB(W/4 kHz) |
| زاوية الوقاية للمدار GSO | 30 | 30 | degrees |
| كسب محطة الإرسال الأرضية للنظام–2 باتجاه الساتل GSO | 4,9– | 4,9– | dBi |
| الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة الإرسال الأرضية للنظام–2 باتجاه الساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 25,9– | 15,9– | dB(W/4 kHz) |
| كثافة تدفق القدرة المشعة باتجاه الساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 188,4– | 178,4– | dB(W/(m$^2$ · 4 kHz)) |
| التردد | 28 | 28 | GHz |
| الكسب المفترض لهوائي نظام الاستقبال للساتل GSO باتجاه المحطة الأرضية للنظام–2 | 44 | 44 | dBi |
| الكسب الأقصى (المفترض) للساتل GSO | 44 | 44 | dBi |
| سوية القدرة ↑epfd للإشارة المسببة للتداخل المشعة عند نظام الاستقبال للساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 4 kHz | 188,4– | 178,4– | dB(W/(m$^2$ · 4 kHz)) |
| سوية القدرة ↑epfd للإشارة المسببة للتداخل المشعة عند نظام الاستقبال للساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 40 kHz (محطة أرضية للنظام–2) | **178,4–** | **168,4–** | dB(W/(m$^2$ · 40 kHz)) |
| سوية القدرة ↑epfd للإشارة المسببة للتداخل المشعة عند نظام الاستقبال للساتل GSO في عرض نطاق يبلغ 40 kHz (محطتان أرضيتان للنظام–2) | **175,4–** | **165,4–** | dB(W/(m$^2$ · 40 kHz)) |

تطابق منهجية الحساب المبينة في الجدول 4 المنهجية المستعملة للوصلة الهابطة (انظر الجدول 3) باستعمال المعلمات من U1 إلى U4 الوارد وصفها أعلاه.

كما أشير أعلاه، تتعلق القيم epfd↑ التي نتجت عن هذا التحليل بالتداخلات قصيرة المدى فقط (التي تبلغ حوالي 10 ثوانٍ كل 8 أو 6 ساعات تبعاً لعدد السواتل في النظام الساتلي غير المستقر بالنسبة إلى الأرض، أو أقل من 0,05% من الوقت). وتكون القيم epfd↑ على المدى الطويل أدنى من ذلك بمقدار 3 dB على الأقل نظراً لأن المحطة الأرضية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض ترسل فقط باتجاه ساتل واحد.

_____