التوصية ITU-R RA.517-4*

حماية خدمة الفلك الراديوي من المرسلات العاملة في النطاقات المجاورة

(المسألة ITU-R 145/7)

(2006-2003-1992-1982-1978)

مجال التطبيق

تحتوي هذه التوصية على مبادئ توجيهية تخص الإدارات و/أو المشغلين لحماية خدمة الفلك الراديوي (RAS) من التداخل بواسطة البث خارج النطاق الذي قد ينتج عن الخدمات النشيطة ذات التوزيعات المجاورة لنطاقات خدمة الفلك الراديوي.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) قيمة النتائج العلمية التي حققتها خدمة الفلك الراديوي (RAS) من خلال استكشاف الكون؛

ب) الحاجة إلى نطاقات خالية من التداخل على مسافات في جميع أجزاء الطيف الراديوي حتى يتسنى القيام بقياسات الفلك الراديوي؛

ج) سويات عتبة التداخل الضار بخدمة الفلك الراديوي الواردة في الملحق 1 بالتوصية ITU-R RA.769؛

د) أن التوصية ITU-R RA.1513 توفر سويات مقبولة من خسارة المعطيات إلى رصدات الفلك الراديوي ومعايير النسبة المئوية من الوقت الناجمة عن الانحطاط الذي يسببه التداخل في حالة نطاقات التردد الموزعة على أساس أولي لخدمة الفلك الراديوي؛

هـ) أن البث في المجال خارج النطاق ينتج عادة عن عملية التشكيل؛

و) أنه لا وجود في بعض الحالات لحدود معينة في لوائح الراديو تتعلق بالبث خارج النطاق أو أن الحدود لا توفر الحماية المطلوبة من الفلك الراديوي ضد المرسلات العاملة في نطاقات التردد المجاورة لنطاق موزع على خدمة الفلك الراديوي (RAS) التي قد تسبب تداخلاً ضاراً بخدمة الفلك الراديوي بسبب البث غير المرغوب فيه لهذه المرسلات؛

ز) الصعوبات التي تواجهها حالياً خدمات الراديو في تصميم واستخدام مرسلات تعمل في نطاقات تردد مجاورة لنطاق موزع على خدمة الفلك الراديوي بشكل يوفر الحماية المناسبة من التداخل الضار في خدمة الفلك الراديوي (انظر الملحق 1)؛

ح) الزيادة في سوية استعمال نطاقات التردد المجاورة للنطاقات الموزعة على خدمة الفلك الراديوي، لا سيما من قبل المرسلات المحمولة جواً والساتلية؛

---

* **ملاحظة** – لم تقبل الإدارات العربية بسويات التداخل الضار بمحطات خدمة الفلك الراديوي (RAS) المشار إليها في الملحق 1 بالتوصية ITU-R RA.769 لكونها غير واقعية كما أكدت ذلك المؤتمرات العالمية للاتصالات الراديوية السابقة لعام 1995 و1997 و2000 المتعلقة بالتوصية 66.

ط) أن من واجب الخدمات الراديوية النشطة والمنفعلة البحث عن سبل للتقليل من التداخل الضار في الخدمات، سواءً عملت بشكل منفرد أو بالتعاون فيما بينها، مع الحرص على استعمال طيف الترددات الراديوية استعمالاً فعالاً،

توصـــي

1 باستخدام كل السبل التقنية العملية للتقليل من التداخل الضار بخدمة الفلك الراديوي، مثل استخدام المراشيح، في المرسلات لحصر البث في النطاق الموزع، وفي مستقبلات الفلك الراديوي لتفادي الحساسية إزاء الإشارات خارج النطاق الموزع، إلى أقصى حد ممكن؛

2 ببذل الجهود، حين تخصص ترددات لمحطة في خدمة تعمل في نطاق مجاور لنطاق موزع على أساس أولي لخدمة الفلك الراديوي، للحد من حافة النطاق الضروري المجاور لنطاق الفلك الراديوي بحيث لا تنتج القدرة المشعّة في هذا النطاق تداخلاً ضاراً بمحطة في خدمة الفلك الراديوي؛

3 بأن يراعى بشكل خاص، إلى أقصى حد ممكن عملياً، حين تقوم الإدارات بتخصيص الترددات في نطاقات مجاورة لنطاقات موزعة للفلك الراديوي، إمكانية حدوث تداخل ضار برصدات الفلك الراديوي من الإرسالات فضاء –أرض أو المحمولة جواً في النطاقات المجاورة؛

4 بأن تقوم الإدارات منفردة أو بالتعاون فيما بينها، عند الاقتضاء، بالبحث عن حلول عملية للحد من التداخل غير المرغوب فيه إلى سويات أدنى من سويات التداخل الضار بخدمة الفلك الراديوي، مع مراعاة الفقرات 1 و2 و3 أعلاه.

الملحق 1

التداخل في خدمة الفلك الراديوي من المرسلات العاملة في النطاقات المجاورة

1 مقدمة

إن حد الحساسية في معظم رصدات الفلك الراديوي يقع عند سوية كثافة تدفق أقل بكثير من السوية المستعملة لاستقبال إشارات الاتصالات الراديوية. ويناقش الملحق 1 بالتوصية ITU-R RA.769 عتبات التداخل الضارة بخدمة الفلك الراديوي (RAS) ومعايير تقاسم الترددات بين خدمة الفلك الراديوي والخدمات الأخرى؛ وتحتوي الجداول 1 و2 و3 من هذا الملحق على حدود الحساسية لمختلف الترددات. إلا أن التداخل قد يحدث أيضاً من المرسلات التي لا تتقاسم نفس النطاق. ويمكن تصنيف هذا التداخل باعتباره تداخلاً عند حافة النطاق أو تداخلاً من إشارات توافقية أو بينية التشكيل. وتتناول التوصية ITU-R RA.611 التداخل في خدمة الفلك الراديوي بسبب البث في المجال الهامشي. وتحتوي التوصية ITU-R RA.1237 على اعتبارات إضافية تتعلق بحماية خدمة الفلك الراديوي (RAS) من البث غير المرغوب فيه الناجم عن تطبيق تشكيل رقمي عريض النطاق.

ويمكن أن تنشأ مشاكل التداخل في مستقبل فلك راديوي بواسطة مرسل يعمل في نطاق مجاور عن ثلاث آليات من آليات التفاعل. فقد ينشأ حين لا تكون حساسية مستقبل الفلك الراديوي لإشارات خارج نطاق الفلك الراديوي منخفضة بالقدر الكافي، وقد ينتج ذلك عن القيود العملية لخفض كسب المستقبل عند حافات النطاق. وثانياً، قد تؤدي الآثار غير الخطية في المستقبل، في حالة وجود إشارتين قويتين أو أكثر عند ترددات قريبة من حافة نطاق تمرير المستقبل، إلى منتجات بينية التشكيل

تقع ضمن نطاق الفلك الراديوي. وثالثاً، قد ينشأ التداخل من خلال البث غير المرغوب فيه بواسطة المرسل (نطاقات جانبية مشكلة، ضوضاء الطور في المذبذبات، إلخ) في نطاق الفلك الراديوي. وعند تناول التداخل عند حافة النطاق فإن المشكلة التي تعاني منها الخدمات المرسلة والمستقبلة على حدٍ سواء هي تصميم المراشيح التي يمكن بواسطتها إلغاء الطاقة غير المرغوب فيها بدون إدخال تعديلات غير مقبولة (مثل التوهين أو التشوه الطوري) على الإشارات المرغوب فيها.

2 التداخل الناجم عن الإرسالات الساتلية

يمكن أن تسبب الإرسالات الساتلية تداخلاً هائلاً في خدمة الفلك الراديوي (RAS). وإذا كانت مصادر التداخل الأرضية توجد عادة في منطقة الفصوص الجانبية البعيدة لهوائي التلسكوب الراديوي، ومن الممكن أن تشهد تموجاً أكثر بسبب طوبوغرافيا موقع المرصد الراديوي، من الأرجح أن يُستقبل التداخل بواسطة المرسلات الساتلية عبر الحزمة الرئيسية والفصوص الجانبية الداخلية التي لها كسب أعلى بكثير. وتتوقف طبيعة التداخل على نمط المرسل والخدمة التي يقدمها النظام، سواء كانت السواتل في مدار مستقر أم غير مستقر بالنسبة إلى الأرض، وكذلك على عدد السواتل في النظام المعني بالنظر، فوق الأفق عند مرصد الفلك الراديوي. وتحتوي التوصية[1] ITU-R SM.1633 على وصف لبعض الحالات التي تعمل فيها الخدمة الساتلية في نطاق مجاور لنطاق فلك راديوي أولي، وهي تمثل أشد الصعوبات المحتملة بالنسبة إلى خدمة الفلك الراديوي.

1.2 السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض

يمكن رؤية العديد من السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض بواسطة معظم التلسكوبات الراديوية التي تعمل حالياً، وتشغل مدى ثابتاً إلى حد ما من السموت والارتفاعات. وبالتالي، من المحتمل أن تمثل مصادر شاقة من التداخل لرصدات الفلك الراديوي. ويبلغ نصف قطر GSO حوالي 6,6 مرة نصف قطر الأرض. ويمكن لساتل وحيد عند هذه المسافة نصف القطرية أن يشع ثلث المساحة الأرضية – والعديد من التلسكوبات الراديوية تبعاً لذلك – بإشارات خط البصر.

ويبين الشكل 1 موقع حزام السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض في إحداثيات سمائية كما يُنظر إليها انطلاقاً من خطوط عرض بعض مراصد الفلك الراديوي الرئيسية. وتتوقع خطط تطوير بعض الخدمات النشيطة استعمال عدد كبير من السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض. ويمكن لهذه السلسلة من المصادر المحتملة للتداخل التي يمكن استقبالها عبر الفصوص الجانبية القريبة من مخطط هوائي التلسكوب الراديوي أن تثير مشكل تداخل خاص بعلماء الفلك الراديوي.

ويحتوي الملحق 1 بالتوصية ITU-R RA.769 على سويات عتبة التداخل الضار بالفلك الراديوي. ويتضمن، بالنسبة إلى كل نطاقات الفلك الراديوي، سوية القدرة داخل المستقبل التي تكفي لوحدها لأن تسبب تداخلا ضاراً بتشغيل خدمة الفلك الراديوي (RAS). ويحتوي هذا الملحق أيضاً على سويات كثافة تدفق القدرة (pfd) المكافئة ($dB(W/m^2)$) التي ترتبط بهذا التداخل والتي تُحسَب في الفرضية التي يبلغ فيها كسب التلسكوب الراديوي القيمة 0 dBi في اتجاه المصدر المسبب للتداخل. ومن الملائم أخذ هذا الكسب في الاعتبار بالنسبة إلى مصادر التداخل التي تنحصر في الأماكن المجاورة للأفق. ويختلف الأمر في حالة المصادر المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

وإذا افترضنا أن هوائي الفلك الراديوي له خصائص الفصوص الجانبية الواردة في التوصية ITU-R SA.509 فإن كسب الفصوص الجانبية ينـــزل إلى مستوى 0 dBi عند 19° من محور الحزمة الرئيسية. وفي حالة هذا الهوائي سيتجاوز مستوى التداخل الضار عتبة التداخل إذا كانت الحزمة الرئيسية موجهة داخل 19° من ساتل ينتج عنه في عرض نطاق الفلك الراديوي كثافة تدفق قدرة عند المرصد الراديوي تساوي سوية العتبة المنصوص عليها في الملحق 1 بالتوصية ITU-R RA.769. وإذا افترضنا مجموعة من السواتل تفصل بينها مسافات تقدر بحوالي 30° على طول المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض فإن

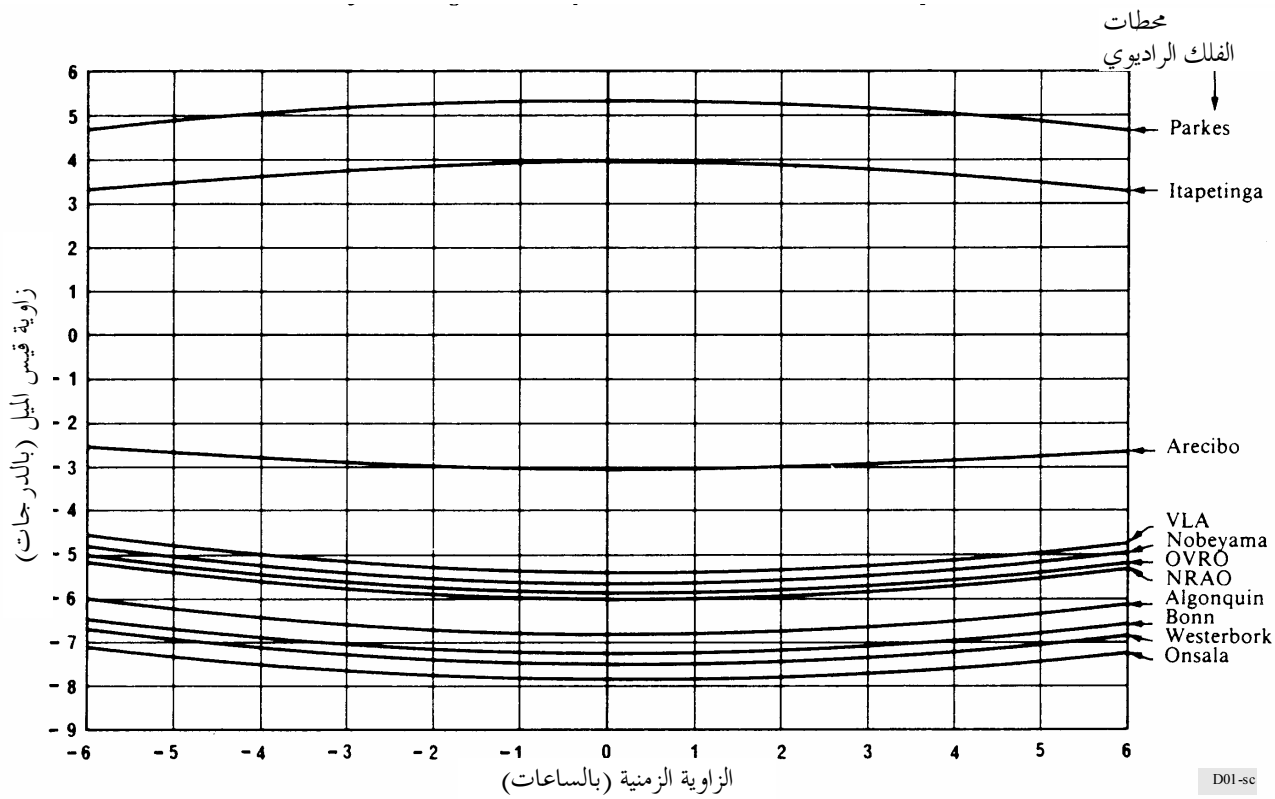
---

[1] يمكن الاطلاع على المزيد من المواد التقنية ذات الصلة على موقع فريق العمل 7 للاتصالات الراديوية.

التداخل المشع عند هذه السوية سيؤدي إلى وجود منطقة يبلغ عرضها 38° متمركزة على المدار يستحيل فيها إجراء رصدات للفلك الراديوي خالية من التداخل الضار. ويزداد عرض هذه المنطقة مع زيادة عدد السواتل التي تنتج عنها تداخلات في نفس المدار، وقد تمتد، مبدئياً، لتغطي السماء بكاملها. ويتوقف العدد الفعلي للسواتل التي ينتج عنها تداخل على طبيعة إشارات التداخل: هل هي صادرة عن هوائيات البث للسواتل أم أنها واسعة الإشعاع. والأرجح أن تكون إشارات البث خارج النطاق غير المنفصلة تماماً عن تردد المرسل الساتلي صادرة عن هوائي الساتل.

الشكل 1

إسقاط المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض على الكرة السماوية



2.2 السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض

يرجع احتمال حدوث تداخل ضار في خدمة الفلك الراديوي (RAS) بسبب السواتل في مدار أرضي منخفض غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى كونها تُشغل بأعداد كبيرة، وهو ما يسمح للعديد منها بالوجود في آن واحد فوق الأفق عند المرصد الراديوي، وفي خط البصر مع هوائي التلسكوب الراديوي. ويؤدي هذا العامل إلى إحدى الحالات التي يمكن فيها لهوائي التلسكوب الراديوي أن يستقبل الإرسالات غير المرغوب فيها من هذه السواتل على مدار أرضي منخفض غير مستقر بالنسبة إلى الأرض المرئية عبر عدة فصوص جانبية قريبة وبعيدة من فتحة الهوائي، وعبر الفتحة الرئيسية أيضاً. وتزداد مشكلة التداخل حدة مع التغير المستمر لاتجاهات وصول الإشارات المسببة للتداخل، وحاجة هوائي التلسكوب الراديوي إلى تعقب المصدر السماوي قيد الرصد. ويمكن للمدخلات العديدة للإشارات القوية أن تحيد بنقطة تشغيل المستقبل في منطقة غير خطية، تؤدي إلى استحداث نواتج تشكيل بيني.

ويمكن تحديد تأثير الإرسالات غير المرغوب فيها عند مواقع الفلك الراديوي بواسطة كوكبة من السواتل في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض (منخفضة) باستعمال منهجية كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) الموصوفة في التوصية ITU-R S.1586 – حساب سويات البث غير المرغوب فيه التي ينتجها نظام سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض للخدمة

الثابتة الساتلية عند مواقع الفلك الراديوي أو التوصية ITU-R M.1583 – حسابات التداخل الناجم عن نظام سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض للخدمة المتنقلة الساتلية أو خدمة الملاحة الراديوية الساتلية عند مواقع تلسكوب الفلك الراديوي، وكسوب الهوائيات الواردة في التوصية ITU-R RA.1631.

ويمكن استعمال هذه التوصيات لتحديد النسبة المئوية من خسارة المعطيات خلال الرصدات التي تقامُ عند موقع معين للفلك الراديوي بسبب التداخل الصادر عن أحد الأنظمة الساتلية. وتحتوي التوصية ITU-R RA.1513 على النسبة المئوية المسموح بها لخسارة المعطيات.