

التوصية ITU-R RA.1031-2*،**

حماية خدمة الفلك الراديوي في نطاقات الترددات المتقاسمة مع خدمات أخرى

(المسألة ITU-R 145/7)

(1994-1995-2007)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية توجيهاً يمكن تطبيقه عملياً للحالة عندما تقوم إدارة أو أكثر، أثناء المفاوضات، بإقامة مناطق تنسيق حول محطات الفلك الراديوي لحماية خدمة الفلك الراديوية من التداخل الناجم عن خدمات اتصالات راديوية للأرض أو محطات إرسال أرضية مستعملة لخدمات اتصالات راديوية فضائية تتقاسم نطاقات التردد مع خدمة الفلك الراديوي.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تأخذ في اعتبارها

- أ) أن خدمة الفلك الراديوي تقوم على أساس استقبال البث الطبيعي بسويات قدرة أدنى كثيراً من السويات المستخدمة عموماً في الخدمات الراديوية الأخرى، وأن خدمة الفلك الراديوي لهذا السبب معرضة بوجه خاص للتداخل من المرسلات في نطاقات الترددات المتقاسمة؛
- ب) أن كثيراً من نطاقات الترددات الموزعة لخدمة الفلك الراديوي موزعة أيضاً لخدمات أخرى تبث في هذه النطاقات؛
- ج) أن الحماية من التداخل ضرورية لتقدم خدمة الفلك الراديوي وأن نطاقات الترددات المفضلة للفلك الراديوي مبينة في التوصية ITU-R RA.314؛
- د) أن معايير سويات عتبة التداخل الضار بخدمة الفلك الراديوي وسويات حسارة البيانات ترد في توصيات السلسلة RA ذات الصلة من توصيات قطاع الاتصالات الراديوية؛
- هـ) أن الخصائص التفصيلية للتداخل والنمط الخاص من القياس الفلكي الراديوي قد يلزم أن تؤخذ في الاعتبار عند وضع معايير التقاسم؛
- و) أن مواقع الفلك الراديوي تُختار بدقة وأن خصائص المواقع قد تؤثر بشدة في حسابات التقاسم؛
- ز) أن تقاسم الترددات يستحيل عموماً بالنسبة إلى المرسلات في خط البصر المباشر في المرصد الفلكي الراديوي،

توصي

1 بأن تتخذ الإدارات، لدى تحديد التخصيصات للخدمات التي تتقاسم نطاقات الترددات مع خدمة الفلك الراديوي، جميع الخطوات العملية الممكنة لتخفيف التداخل الضار بخدمة الفلك الراديوي؛

* ينبغي إحاطة لجان دراسات الاتصالات الراديوية 1 و4 و5 و6 علماً بهذه التوصية.

** أجرت لجنة الدراسات 7 تعديلات صياغية على هذه التوصية في عام 2017 طبقاً للقرار ITU-R 1.

- 2 بأن يولى الاعتبار لحماية مواقع الفلك الراديوي من التداخل الناجم عن مرسلات مستعملة في اتصالات راديوية للأرض أو من محطات إرسال أرضية مستعملة في الاتصالات الراديوية الفضائية في نطاقات متقاسمة مع خدمة الفلك الراديوي بحقوق متساوية من خلال إقامة مناطق تنسيق حول مواقع الفلك الراديوي؛
- 3 بأنه يمكن حساب منطقة التنسيق مع أخذ المنهجية الواردة في الملحق 1 في الاعتبار.

الملحق 1

اعتبارات التنسيق

1 نبذة عامة

تختار مواقع الفلك الراديوي بالتحديد لتدنية التداخل من المرسلات المنصوبة على الأرض. وتكون المواقع عادة على مسافة كبيرة من مصادر التداخل الثابتة الرئيسية للأرض، ويمكن حجبتها بجزء مرتفع من الأرض في الجوار. ويمكن أن تتحمل الكثير من قياسات الفلك الراديوي سويات تداخل من خدمة متقاسمة تتجاوز هذه العتبات بنسبة 2% من فترة القياس، بفرض عدم وجود آليات أخرى لخسارة البيانات. غير أن بعض أنماط القياسات كالتي تتضمن ظواهر عابرة والتي تعتمد على الرصدات الآنية من مواقع كثيرة على الأرض، قد تتضرر كثيراً من التداخل في أوقات غير مناسبة.

2 مسافات الفصل اللازمة للتقاسم

إذاً لكي يكون التقاسم الجغرافي ناجحاً، يجب الفصل بين المرسل المتداخل والمستقبل المتأثر بالتداخل بمسافة لا يعتبر التداخل فيها ضاراً. ويحدد التذييل 7 من لوائح الراديو خسارة الإرسال الأساسية $L_b(p)$ كما يلي:

$$(1) \quad L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p)$$

حيث:

$L_b(p)$: أدنى خسارة إرسال أساسية مسموح بها (dB) لنسبة p % من الوقت؛ ويجب أن تتجاوز هذه القيمة بخسارة الإرسال الفعلية لكل الوقت فيما عدا النسبة p %

P_t : سوية قدرة الإرسال (dBW) في عرض النطاق المرجعي عند دخل الهوائي

G_t : كسب هوائي الإرسال (dBi) في اتجاه هوائي الفلك الراديوي

G_r : كسب هوائي الفلك الراديوي (dBi) في اتجاه المرسل

$P_r(p)$: أقصى قدرة تداخل مسموح بها (dBW) في عرض النطاق المرجعي ولا تتجاوز لأكثر من p % من الوقت عند دخل المستقبل.

ومع ذلك، فالنسبة لرصد فلك راديوي، يجري تكامل للقدرة المستقبلية عبر فترة من الزمن T للوصول إلى حساسية أفضل. ويطلق على نتيجة هذا التكامل لرصد في الفقرات التالية.

ويمكن التعبير عن القدرة المستقبلية من مصدر تداخل أثناء الرصد بالصيغة التالية:

$$(2) \quad I = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P_t(i) \cdot G_t(i) \cdot G_r(i)}{L_p(i)}$$

حيث يعبر عن الكميات التالية بصورة خطية:

$L_p(i)$: خسارة الانتشار للعينه رقم i

$P_t(i)$: سوية قدرة الإرسال في عرض نطاق خدمة الفلك الراديوي عند دخل الهوائي للحالة i بوحدهات (W)

$G_t(i)$: كسب هوائي الإرسال في اتجاه هوائي الفلك الراديوي للعينه i

$G_r(i)$: كسب هوائي الفلك الراديوي في اتجاه المرسل للعينه i

N : عدد العينات خلال زمن التكامل T

I : قدرة التداخل (W) في عرض النطاق المرجعي عند دخل المستقبل بعد توسيطه خلال فترة الرصد T .

ويجري الحساب عادة عبر فترة تكامل T تبلغ 2 000 ثانية. وتختلف بعض المعلمات خلال هذه الفترة من الوقت. فمثلاً، إذا كان المرسل يستخدم إمكانية التحكم في القدرة أو إذا لم يكن المرسل يعمل خلال فترة الرصد بالكامل، قد تتغير P_t . وإذا كان المرسل عبارة عن محطة أرضية تتبع ساتلاً، فإن الكسب G_t قد يتغير أيضاً. وقد تتبع محطة الفلك جسماً سماوياً وبالتالي فإن الكسب G_r يمكن أن يتغير أيضاً. ويمكن للظروف الجوية خلال هذه الفترة من الوقت، مثل المطر أن تؤدي إلى تغيير الخسارة L_p أيضاً.

وتعتبر الرصدات التي تجري خلال زمن تكامل معين مفقودة إذا تجاوزت قدرة التداخل المستقبلية، I ، بعد توسيطها عبر زمن التكامل T ، القيمة الواردة في التوصية ITU-R RA.769.

ولهذا من الضروري إجراء الحساب عبر فترات متعددة من الوقت للتأكد من أن النسبة المئوية للرصدات المفقودة أقل من المعيار البالغ 2% الوارد في التوصية ITU-R RA.1513.

1.2 مصدر تداخل وحيد بقدرة مشعة متناحية مكافئة (e.i.r.p.) ثابتة مع خسارة انتشار ثابتة

إذا كانت القدرة e.i.r.p. للمرسل المسبب للتداخل ثابتة (أي أن P_t و G_t ثابتان)، فإن التردد يكون منخفضاً بما فيه الكفاية ويكون المرسل ثابتاً، ومن ثم يمكن اعتبار الخسارة L_p ثابتة وعلى ذلك يكون المتغير الوحيد خلال جميع الرصدات هو الكسب G_r . ولتبسيط الحساب، يمكن اعتبار هوائي الفلك الراديوي ثابتاً أثناء الرصد.

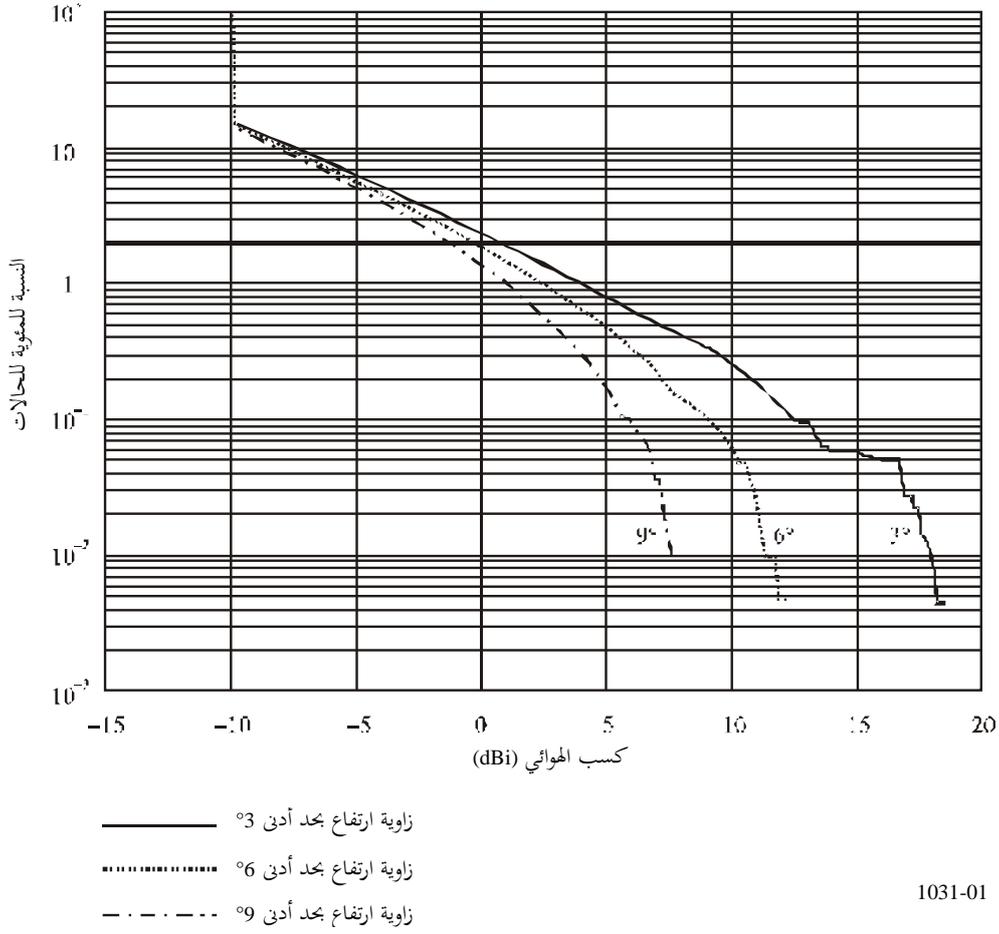
وبناءً على ذلك يمكن تطبيق المنهجية الواردة في التوصية ITUOR M.1583 لاشتقاق إحصاءات بشأن كسب هوائي محطة الفلك الراديوي.

وتم الحصول على المنحنيات الواردة في شكل 1 بالنسبة لتردد يبلغ 1,4 GHz باستخدام مخطط هوائي كبير وارد في التوصية ITU-R SA.509 مع قطر هوائي يبلغ 100 متر. وقد افترضت زاوية ارتفاع للمرسل حسبما رصدت من التلسكوب الراديوي قيمتها 0°. ولن تتغير المنحنيات في حالة بحث نطاقات تردد أو أقطار هوائيات أخرى.

الشكل 1

كسب هوائي في خدمة فلك راديوي في اتجاه مرسل بزاوية ارتفاع 0°

(مدخل تداخل وحيد (التوصية ITU-R SA.509))



ويظهر في الشكل 1 أن من المنطقي اعتبار أن قيمة كسب الهوائي التي تقابل نسبة 2% من خسارة البيانات تبلغ 0 dBi. ومن ثم يتحصل على خسارة الانتشار اللازمة من المعادلة (3).

$$(3) \quad L = EIRP - \Delta P_H$$

حيث:

$EIRP$: القدرة e.i.r.p. للمرسل (dBw)

ΔP_H : سوية التوصية ITU-R RA.769 (dBw).

2.2 حالات أخرى

لتغطية حالات أخرى مثل خسارات الانتشار المتغيرة أو قدرة المرسل المتغيرة أو كسب هوائي متغير في اتجاه محطة فلك راديوي، قد يكون من الضروري استخدام أدوات محاكاة مثل طريقة مونت كارلو.

3 التقاسم في حدود خط البصر

بالنسبة لمصدر تداخل يقوم بالإرسال عبر خط البصر في نفس النطاق الذي تقوم فيه محطة فلك راديوي بالرصد، يكون للخسارة L_p صورة تحليلية بسيطة وتكتب المعادلة (3) كما يلي:

$$(4) \quad 20 \log(4\pi d) = 20 \log \lambda + EIRP - \Delta P_H$$

حيث:

 d : المسافة بين المرسل والمستقبل (m) λ : الطول الموجي (m) ΔP_H : سوية العتبة (dBw) المعرفة في التوصية ITU-R RA.769.

ويندر أن يتقاسم الفلك الراديوي بشكل ناجح مع أي خدمة أخرى نشطة تكون مرسلاتها في حدود خط بصر هوائي الفلك الراديوي. ويبين الشكل 2 هذه الحقيقة. فالقدرة e.i.r.p. القصوى التي لا تؤدي إلى تداخل ضار بخدمة الفلك الراديوي حسب استخدام المعادلتين (3) و(4) لمسافتين. وتمثل إحدى المسافتين مرسل للأرض على مسافة كبيرة في حدود خط البصر، ألا وهو مرسل محمول جواً على الأفق بارتفاع 20 km. والمسافة الأخرى لمدار مستقر بالنسبة إلى الأرض وبالتالي فهو يمثل أقصى مسافة لمعظم المرسلات المحمولة في الفضاء في غير مهام الفضاء البعيد. وقد استخدمت عتبات التداخل الواردة في الجدول 1 بالتوصية ITU-R RA.769 في حالة مرسل الأرض. ويحتاج الأمر إلى حماية إضافية قدرها 15 dB لحالة المرسل في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، بحيث يسمح بالرسدات في حدود 5° من السواتل في المدار. وتنطبق المنحنيات على الجو الجاف الصافي.

وواضح من الشكل 2 أنه لا يرجح إمكانية تقاسم الترددات مع مرسل للأرض في حدود خط البصر من هوائي الفلك الراديوي بتردد يقل عن 10 GHz بسبب القيد الصارم الذي يفرضه التقاسم على القدرة e.i.r.p. للمرسل. وحتى بالنسبة للترددات التي تصل إلى 40 GHz فيما أنه يجب أن تكون قدرة المرسل في حدود عدة ملليواطات أو يجب أن يوفر هوائي الإرسال تمييزاً عالياً في اتجاه هوائي الفلك الراديوي، حتى يمكن التقاسم.

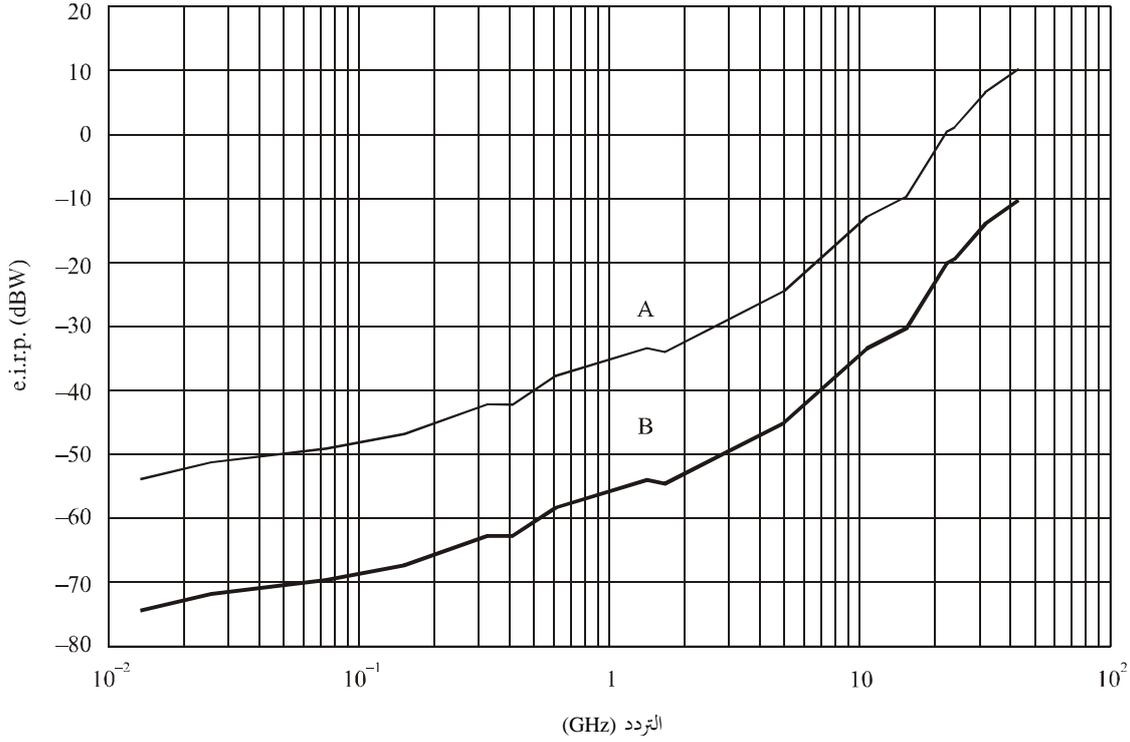
4 التقاسم خارج خط البصر باستخدام مناطق التنسيق

يتيح إنشاء مناطق تنسيق حول مواقع الفلك الراديوي طريقة لتحاكي التداخل من المرسلات المستعملة في الاتصالات الراديوية للأرض أو المحطات الأرضية المستعملة في الاتصالات الراديوية الفضائية التي تتقاسم النطاق خارج خط البصر. وتعرف منطقة التنسيق المرتبطة بمحطة فلك راديوي بأنها المنطقة التي يتطابق فيها المجموع الكلي للث من المرسلات خارج حدودها مع سويات معايير خسارة البيانات الواردة في التوصية ITU-R RA.1513.

تتوقف أبعاد منطقة التنسيق على عدد من العوامل. حيث أن نمط التلسكوب الراديوي (أحادي الطبقة أو قياس بالتداخل ذو خط أساسي طويل جداً (VLBI)) المستعمل هو الذي يحدد عتبات التداخل الضار المقابلة الواردة في التوصية ITU-R RA.769. وعدد المرسلات وتوزيعها خارج المنطقة، والقدرة e.i.r.p. للإرسالات في اتجاه موقع الفلك الراديوي وجزء الزمن الذي تعمل فيه وخصائص الانتشار، هي التي تحدد كثافة تدفق القدرة المتداخلة على موقع الفلك الراديوي. وتعتمد خصائص الانتشار على عوامل منها شكل التضاريس ووجود الأشجار والأحوال الجوية. وينبغي استعمال نماذج الانتشار المتاحة مؤخراً مثل تلك الواردة في التوصيات ITU-R P.452 و ITU-R P.526 و ITU-R P.617.

الشكل 2

قيمة e.i.r.p. كدالة في التردد



الملاحظة 1 - تعرض لكل حالتين القدرة e.i.r.p. التي يستحيل فوقها التقاسم بين خدمة الفلك الراديوي والخدمات النشطة التي تقع مساراتها في خط البصر لهوائي الفلك الراديوي. وعروض النطاق المرجعية للقدرة e.i.r.p. للمرسل ومستقبل الفلك الراديوي هي تلك الموزعة لخدمة الفلك الراديوي. ويبين المنحنى A النتائج المرسل في مدار مستقر بالنسبة للأرض، والمنحنى B النتائج المرسل للأرض في خط البصر على مسافة 600 km.

1031-02

ونظراً إلى عدد العوامل هنا، ينبغي تحديد حدود مناطق التنسيق إفرادياً لكل موقع فلك راديوي يقتضي الأمر وجود منطقة من هذا القبيل فيه. وينبغي إدراك أن من المرجح أن تكون مسافة التنسيق في بعض الحالات 100 km أو أكثر. وبالنسبة لبعض البلدان الصغيرة فقد تمتد منطقة التنسيق المطلوبة إلى أبعد من الحدود الوطنية لتدخل في بلدان قد تختلف فيها توزيعات الترددات. ومن ثم قد يلزم تطبيق شروط خاصة عند تحديد مناطق التنسيق لحماية خدمة الفلك الراديوي.

ومنطقة التنسيق تحدد منطقة حول مرصد الفلك الراديوي يمكن خارجها لمستعملي الخدمة النشطة أن ييثوا بحرية دون أن يتسببوا في تداخل ضار على رصدات الفلك الراديوي. وبالنسبة للمستعملين داخل منطقة التنسيق فيجب إيجاد وسائل تقنية لتحاشي مثل هذا التداخل الضار.

ومن حيث المبدأ، يمكن أن تقام مناطق التنسيق لحماية مواقع الفلك الراديوي من المرسلات المتنقلة. وفي هذه الحالة يجب أن تكون لدى المستعمل المتنقل وسيلة ما لتحديد زمن دخول منطقة التنسيق ووسيلة لتخفيض القدرة المستقبلية على موقع الفلك الراديوي إلى سوية تقل عن عتبة التداخل الضار.

وفي حالة المرسلات المتنقلة على متن الطائرات فإن أبعاد المناطق تكون أكبر كثيراً منها بالنسبة للمرسلات المنصوبة على الأرض لأن المسافات التي تحدث خلالها ظروف الانتشار على خط البصر تكون أكبر كثيراً وتزداد كلما زاد ارتفاع الطائرة.