الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R RA.1237-2

(2010/01)

حماية خدمة علم الفلك الراديوي من الإشعاعات غير المطلوبة الناتجة عن تطبيقات التشكيل الرقمي في النطاق العريض

السلسلة RA

علم الفلك الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيد

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	العنوان
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).

التوصية ITU-R RA.1237-2*

حماية خدمة علم الفلك الراديوي من الإشعاعات غير المطلوبة الناتجة عن تطبيقات التشكيل الرقمي في النطاق العريض

(المسألة ITU-R 145/7)

(2010-2003-1997)

مجال التطبيق

تتعلق هذه التوصية بحماية خدمة علم الفلك الراديوي من الإشعاعات غير المطلوبة الناتجة عن تطبيقات التشكيل الرقمي في النطاق العريض. ويضم الملحق 1 معلومات تقنية تتصل خصوصاً بمستويات التداخل الذي تسببه أنظمة ساتلية لخدمة علم الفلك الراديوي. وتوصي هذه التوصية باتخاذ جميع الخطوات الممكنة من أجل الحد من الإشعاعات غير المطلوبة في الأنظمة التي تستخدم تقنيات تشكيل رقمي عريض النطاق.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن خدمة علم الفلك الراديوي وغيرها من الخدمات المنفعلة الأخرى تواصل مساهماتها الهامة والجدية في إغناء العلوم؛

ب) أن إحراز تقدم في بحوث علم الفلك الراديوي يرتبط ارتباطاً قوياً بالقدرة على الرصد في الحدود القصوى للحساسية؛

ج) أن جميع الخدمات تستفيد من تدابير الحد من الإشعاعات غير المطلوبة في الطيف أو إلغائها؛

د) أن القرار (Rev.WRC-15) 739 ينص على إجراء التشاور عندما تتجاوز الإشعاعات غير المطلوبة الصادرة عن الوصلات الهابطة لخدمة فضائية تعمل في نطاقات محددة مستوى التداخل الضار في بعض نطاقات خدمة علم الفلك الراديوي؛

ه) أن المرسلات وخاصة مرسلات المحطات الفضائية تستعمل أكثر فأكثر تقنيات تشكيل بتمديد الطيف (DSSS) وغيرها من تقنيات التشكيل الرقمي عريض النطاق التي قد تنتج نطاقات جانبية للإشعاعات غير المطلوبة تمتد لتشمل ترددات بعيدة جداً من الموجة الحاملة، على النحو الوارد في الملحق 1؛

و) أن ثمة وسائل تقنية لترشيح النطاقات الجانبية للإشعاعات غير المطلوبة قد أُعدت واستُعملت بنجاح؛

ز) أن هنالك تقنيات تشكيل رقمي فعالة معروفة من حيث استعمال الطيف، وهي تنتج مستويات داخلية منخفضة من الإشعاعات غير المطلوبة، وقد أثبتت هذه التقنيات فعاليتها؛

ح) ليس هنالك، من وجهة نظر الخدمة المتأثرة العاملة في نطاق خارج النطاق الموزع للخدمة التي تصدر الإشعاعات غير المطلوبة، تمييز موضوعي بين تداخلات مجال الإشعاعات الهامشية وتداخلات مجال الإرسالات خارج النطاق،

وإذ تلاحظ

أ) أن التقرير ITU-R SM.2091 يضم أمثلة للأنظمة الساتلية التي تستخدم التشكيل DSSS الذي قد يسبب تداخلاً في محطات علم الفلك الراديوي،

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

توصي

1 باتخاذ جميع التدابير الممكنة في الأنظمة التي تستخدم تقنيات التشكيل الرقمي عريض النطاق من أجل الحد من مستوى النطاقات الجانبية التي تخرج عن حدود النطاق الموزع للخدمة وذلك مع مراعاة الإرشادات الواردة في الملحق 1.

الملحق 1

التداخل الناتج في خدمة علم الفلك الراديوي بسبب الإشعاعات غير المطلوبة (هامشية أو خارج النطاق) ناتجة عن تطبيقات التشكيل الرقمي في النطاق العريض

1 مقدمة

أظهرت التجربة أن قدراً كبيراً من التداخل الذي يضر جداً بخدمة علم الفلك الراديوي يصدر عن مرسلات محمولة في سواتل. وتنتج معظم هذه التداخلات عن إشعاعات غير مطلوبة، مثل آثار التشكيل البيني وغيرها من الآثار غير الخطية والنطاقات الجانبية الموسعة للإرسالات الرقمية التي تمتد أحياناً على مسافة تفوق أضعاف عرض النطاق الموزع خارج النطاق المخصص للمرسل الساتلي. وموقع الرصد المحمي جيداً من المرسلات الأرضية غير محمي من الإشعاعات الصادرة عن السواتل، ومن غير الممكن الوصول إلى السواتل لوضع مراشيح أو تقنيات ترشيح أخرى. ونتيجة لذلك، تشكل الإشعاعات غير المطلوبة الصادرة عن السواتل التهديد الأخطر لخدمة علم الفلك الراديوي، خاصة مع تزايد استعمال السواتل لأغراض متعددة.

2 الإشعاعات الهامشية والإرسالات خارج النطاق الصادرة عن التشكيل الرقمي

قد يفضي استعمال التشكيل الرقمي بما فيه التشكيل DSSS إلى نطاقات جانبية واسعة. ويرد وصف هذه النطاقات الجانبية من حيث الإشعاعات الهامشية أو الإرسالات خارج النطاق، في الأرقام من 144.1 إلى 146.1 من لوائح الراديو. وتنتج الإرسالات خارج النطاق، شأنها شأن النطاقات الجانبية بتمديد الطيف، عن عملية التشكيل، لكنها تعرف باعتبارها خارج عرض النطاق اللازم مباشرةً. ويفسر هذا التعريف عادة بأنه يعني أن مدى ترددات الإرسالات خارج النطاق أعرض أحياناً من عرض النطاق اللازم. أما الإشعاعات الهامشية فتنتج خارج عرض النطاق اللازم ويمكن خفض مستواها دون المساس بإرسال المعلومات المرتبطة بها، علماً بأن كلتا الخاصتين تنطبقان أيضاً على النطاقات الجانبية للتشكيل بتمديد الطيف. ويمكن لهذا النوع من النطاقات الجانبية أن يسبب تداخلاً خطيراً في نطاق مجاور أو نطاق بعيد جداً من حيث الترددات. وقد وضع مفهوم المجالات للإشعاعات غير المطلوبة أساساً قصد توضيح التعريفات (انظر الرقمين 146A.1 و146B.1 من لوائح الراديو).

3 مستويات التداخل لخدمة علم الفلك الراديوي

تقدم التوصية ITU-R RA.769 مستويات العتبة التي تصبح الإشارات المسببة للتداخل إذا ما تخطتها ضارة لخدمة علم الفلك الراديوي. وتظهر هذه العتبات في القدرة الواصلة إلى منفذ الهوائي والكثافة الطيفية للقدرة المستقبلة وكثافة تدفق القدرة (pfd) وكثافة تدفق القدرة الطيفية (spfd) في هوائي خدمة الفلك الراديوي، ويتم حسابها لتمثيل مجموعة من نطاقات هذه الخدمة في كامل الطيف. ويمكن تطبيق مستويات التداخل المحددة هذه على نطاق واسع وعدد كبير من الخدمات النشيطة التي قد تسبب تداخلاً في خدمة علم الفلك الراديوي.

ويعرِّف التذييل 3 في لوائح الراديو حدود الإرسالات الهامشية من حيث القدرة في خط إرسال هوائي ما، غير أن هذه الحدود لم تعرَّف في ضوء مراعاة حماية الخدمات المنفعلة، وقد تكون بالتالي غير كافية لحماية خدمة علم الفلك الراديوي في بعض

الحالات. إضافةً إلى ذلك ولتفسير هذه الحدود من حيث التداخل في خدمة الفلك الراديوي، لا بد من معرفة خصائص هوائي الإرسال لكل مصدر تداخل محتمل ومعرفة الخسارة الناجمة عن المسير بين هوائيات الإرسال وهوائيات خدمة الفلك الراديوي. علاوة على ذلك، لا تصلح حدود من هذا النوع في حالة صفيف هوائيات نشيطة إذ إن مخرج المرسل ليس وحيداً. وتفضي هذه الاعتبارات إلى استنتاج أن أفضل طريقة لتعريف حدود الإرسال هي تحديد القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) في اتجاه مرصد علم الفلك الراديوي.

وكمثال لاستعمال القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) نأخذ حالة مرسل في ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض. وبما أن أي ساتل من هذا النوع يمكن رؤيته فوق مستوى الأفق من حيز كبير من الأرض، من المرجح أن يرسل هذا الساتل فصوصاً جانبية في اتجاه مرصد علم فلك واحد أو أكثر. لكن قد لا تضيء الوصلة الهابطة إلاَّ منطقة صغيرة نسبياً من الأرض لا تضم أي مرصد. لذا يستطيع مصمم النظام الساتلي أن يختار خفض مستويات إشعاعات الفصوص الجانبية من أجل تفادي تسبيب تداخل لخدمة علم الفلك الراديوي. وهذا ممكن إذا وضعت الحدود تبعاً للقدرة e.i.r.p. المشعة في اتجاه مرصد ما. أما إذا كانت الحدود موضوعة على أساس القدرة في خط إرسال الهوائي، كما هو الحال الآن في التذييل 3 للوائح الراديو، ينبغي عندئذٍ افتراض أن إجمالي كسب هوائي الإرسال، في الحالة الأسوأ يشع باتجاه مرصد ما. وسيكون من الأصعب بكثير الالتزام بمثل هذه الحدود. وسيظهر بالتالي أن قيم القدرة e.i.r.p. في اتجاه هوائي خدمة علم فلك راديوي مناسبة أكثر بكثير من وضع حدود للإشعاعات غير المطلوبة لحماية خدمة علم الفلك الراديوي. وينطبق هذا الاستنتاج على أي نوع آخر من الإرسال، سيما الإرسالات الصادرة عن المرسلات على سطح الأرض. ويمكن حساب القدرة e.i.r.p. استناداً إلى قيم الكثافة pfd أو spfd الواردة في التوصية ITU-R RA.769 في حال معرفة قيم الخسارة الناجمة عن الانتشار.

كما تجدر الإشارة إلى أن مستويات الإشعاعات غير المطلوبة في حسابات التداخل يجب أن تكون معروفة ومعبراً عنها بالقيم المطلقة وليس على شكل أجزاء ونسب من الإرسالات الرئيسية. وفي العديد من الحالات تكون الإشعاعات غير المطلوبة بعيدة جداً من حيث التردد عن الإرسالات الرئيسية، وتشغل الخدمة المتاثرة والإرسالات الرئيسية نطاقات موزعة مختلفة. لذا فإنه من المنطقي التعبير عن القيم الحدية في وحدات مطلقة للقدرة أو الكثافة pfd أو الكثافة spfd وليس في شكل أجزاء من الإرسال الرئيسي.

4 التداخل الصادر عن السواتل

التداخل في خدمة علم الفلك الراديوي مصدره الوصلات الهابطة لخدمة السواتل المستقرة أو غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض. وفي الحالة الأولى لا يتغير التداخل بتغير الموقع. أما في الحالة الثانية فتتغير قدرة التداخل بتغير الوقت والموقع الذي يتخذه الساتل في الفضاء. ولذا تعالج هاتان الحالتان كلاً على حدة.

في النطاقات التي تسود فيها عمليات الرصد المتواصل يكون عرض النطاق المستخدم في حساب مستوى عتبة التداخل الضار هو عرض النطاق الموزع لخدمة علم الفلك الراديوي (الجدول 1 في التوصية ITU-R RA.769). أما في النطاقات التي تسود فيها عمليات رصد الخطوط الطيفية يكون عرض نطاق القناة المستخدم في حساب مستويات عتبة التداخل هو عرض نطاق قناة الخط الطيفي المفترض لمستقبل خدمة علم الفلك الراديوي (الجدول 2 في التوصية ITU-R RA.769).

1.4 الإشعاعات غير المطلوبة الصادرة عن الأنظمة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض (الوصلات الهابطة)

يمكن تقدير الكثافة pfd للإشعاعات غير المطلوبة على النحو التالي:

$$pfd_{unwantedemission} = \int_{f_1}^{f_2} \frac{p(f) \cdot g(f)}{SL \cdot ATM(f)} \, df \qquad (1)$$

حيث:

$pfd_{unwanted\ emissions}$: الكثافة pfd في محطة الخدمة RAS (W/m^2)؛

f_1, f_2: الحافتان السفلى والعليا على التوالي لعرض النطاق المرجعي للخدمة RAS (Hz)؛

$p(f)$: كثافة قدرة الإشعاعات غير المطلوبة في شفاه هوائي الإرسال (W/Hz)؛

$g(f)$: كسب هوائي الإرسال في اتجاه موقع علم الفلك الراديوي؛

SL: الخسارة الناجمة عن التمديد (dB)؛

$ATM(f)$: الامتصاص الجوي في النطاق $f_2 - f_1$ كدالة تردد.

ويجدر بالذكر أن قيم كثافة قدرة الإشارة المرسَلَة وكسب النظام الفرعي للهوائي والامتصاص الجوي تختلف باختلاف التردد وتظهر بهذه الصفة على شكل دالات تردد. وقيمة كثافة تدفق القدرة pfd للإشعاعات غير المطلوبة في موقع محطة الخدمة RAS تساوي مجموع هذه الدالات على النحو المبين أعلاه في تردد نطاق مرور المستقبِل. وفي الحالات التي تكون فيها قيم كثافة قدرة الإشعاعات غير المطلوبة وكسب الهوائي والامتصاص الجوي ثابتة في عرض نطاق مستقبِل الخدمة المنفعلة، يمكن تبسيط الدالة على النحو التالي:

$$pfd_{unwantedemission} = \frac{p \cdot g}{SL \cdot ATM}(f_2 - f_1) \quad (2)$$

وفي الحالات التي يكون فيها النطاق النشيط مجاوراً للنطاق المنفعل يمكن افتراض أن كسب هوائي الإرسال يبقى ثابتاً تقريباً في كل من نطاق الإرسال والنطاق المنفعل. غير أن ذلك لا يحدث كثيراً خاصة عندما يكون النطاق المنفعل تحت تردد القطع لشبكة تغذية الدليل الموجي في النظام الفرعي للهوائي.

ثم يقارن مستوى الكثافة pfd هذا مع مستويات العتبة التي تنص عليها التوصية ITU-R RA.769.

2.4 الإشعاعات غير المطلوبة الصادرة عن الأنظمة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (الوصلات الهابطة)

يتعين استعمال طريقة التوصية ITU-R S.1586 من أجل تقييم التداخل الذي تسببه أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض لمحطات الخدمة RAS وكذلك لحساب الكثافة pfd المذكورة أعلاه لساتل معين واحد. وبطريقة مماثلة، يتعين استعمال طريقة التوصية ITU-R M.1583 من أجل تقييم التداخل الذي تسببه أنظمة الخدمة المتنقلة الساتلية وخدمة الملاحة الجوية الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض للمحطات في الخدمة RAS.

5 الإشعاعات غير المطلوبة الصادرة عن سواتل تطرح مشكلة خاصة على خدمة علم الفلك الراديوي

1.5 التشكيل بتمديد الطيف بتتابع مباشر

في نظام لا يحدد شكل النبضات، يُنتج هذا النوع من التشكيل طيف قدرة يتمثل في دالة جيب مربع التردد مع نطاقات جانبية شديدة الاتساع. وإذا كانت f هي التردد المقيس استناداً إلى تردد الموجة الحاملة وT الفترة الأساسية لدالة التمديد، يكون شكل الطيف:

$$(\sin(\pi f T) / (\pi f T))^2 \quad (3)$$

وتتناقص مستويات الذروة للقدرة في النطاقات الجانبية تبعاً للدالة f^{-2}، أي بمقدار 6 dB/لكل ثمانية في f. وفي الحالة الأسوأ، يتبع الطيف الذي يتلقى إشعاعات المعادلة (3) في مدى ترددات واسع ويمكن أن يسبب تداخلاً مسيئاً لخدمة الفلك الراديوي في ترددات بعيدة جداً عن الموجة الحاملة. لكن يظهر عموماً في الأنظمة التي تستخدم مثل هذه التقنيات أن مراشيح تداخل (IF) المستقبل لا تقبل إلا أقصى مركز للطيف المرسل، مما يجعل النطاقات الجانبية الإضافية إشعاعات غير مطلوبة. وقد لا تكون هذه

هي حالة الإشارات RNSS التي تتطلب مراعاة الفصوص الجانبية المتصلة بالعملية أيضاً للحصول على الدقة الكافية في الموقع الذي يحدده النظام (التقرير ITU-R SM.2091).

وقد يكون من غير العملي استبعاد النطاقات الجانبية غير المطلوبة لتمديد الطيف قرب الموجة الحاملة بواسطة المراشيح في تردد الموجة الحاملة، إذا كانت الموجة الحاملة لتمديد الطيف قريبة من نطاق خدمة الفلك الراديوي. وهنالك طريقة أخرى للحد من النطاقات الجانبية غير المطلوبة وهي تغيير عملية التشكيل على نحو يتيح توهين هذه النطاقات. ويمكن تحقيق وضع شكل دقيق للطيف من خلال تقنيات معالجة رقمية حديثة (مثل الإرسال بأدنى زحزحة بمرشاح غوسي) التي تعمل في مستوى النطاق الأساسي على إشارات تمديد الطيف.

وسعياً للوفاء بمستويات العتبة الضارة بخدمة علم الفلك الراديوي تحتاج الأنظمة التي تستعمل التتابع DSSS إلى مستويات أكثر انخفاضاً للنطاقات الجانبية التي تستعمل مزيجاً من الترشيح وتحديد شكل الطيف. وقد سبق استعمال هذه التقنيات في جميع أنظمة الخدمة RNSS العاملة، ولو أن بعض هذه الأنظمة قد تتطلب مزيداً من التحسينات.

كما قد تظهر مشاكل تداخل ساتلي صادر عن النطاقات الجانبية الموسعة لتمديد الطيف أو من إشعاعات غير مطلوبة أخرى نتيجةً للتوزيعات للإرسالات فضاء–أرض للخدمة المتنقلة الساتلية في النطاقات 137-138 MHz و387-390 MHz. و400,15-401 MHz. وتكون نطاقات علم الفلك الراديوي في هذه الحالة 150,05-153 MHz و322-328,6 MHz و406,1-410 MHz واحتمال النطاق 608-614 MHz. وتُعدّ نطاقات علم الفلك الراديوي المعنية من النطاقات المستعملة لرصد الإرسالات المنحازة كثيراً إلى الأحمر من خط الهيدروجين الحيادي، مما يتيح دراسة الأجزاء الأكثر بعداً للكون. ولإجراء دراسات من هذا القبيل، تتيح نطاقات علم الفلك الراديوي في الترددات الأدنى من 400 1 MHz قدرة فريدة ذات أهمية علمية بالغة لا يمكن استبدالها بعمليات رصد في نطاقات التردد الأخرى.

2.5 تشكيل الطور للإشارات الرقمية

يؤدي إرسال البيانات الرقمية باستعمال إبراق زحزحة الطور ثنائي الحالة (BPSK) أو التشكيل التربيعي بزحزحة الطور إلى أطياف لها نفس شكل الجيب تربيعي لتمديد الطيف DS. وفي هذه الحالة تمثل T في المعادلة (3) فترة واحدة إذا استعمل الإبراق BPSK وفترتين إذا استعمل التشكيل QPSK. وفيما يتعلق بالمعدلات المرتفعة للبيانات، قد تشكل النطاقات الجانبية عائقاً كما في حال تمديد الطيف، ويمكن استعمال نفس الحلول أي الترشيح أو توهين النطاقات الجانبية في عملية التشكيل.

مثال لشكل آخر للتشكيل الرقمي عريض النطاق الذي قد يسبب مشكلة لعلم الفلك الراديوي ينتج عن توزيع النطاق 1 492-1 452 MHz للإذاعة الصوتية الرقمية (DAB) وتستعمله كل من الإرسالات الأرضية والساتلية. وقد تتجاوز النطاقات الجانبية لهذه الإرسالات التي تقع داخل نطاق خدمة علم الفلك الراديوي 400 1-427 1 MHz عتبة التداخل المحددة للفلك الراديوي إذا لم يتم توهينها بدرجة كافية. وهنالك شكل معتمد للتشكيل، هو الإرسال المتعدد التعامدي والمشفر بتقسيم التردد (COFDM) والذي يضم 536 1 موجة حاملة تتشكل كل منها بالأسلوب QPSK مع طيف قدرة من الشكل الوارد في المعادلة (3) ومع T = 1,25 ms، وكل منها قناة تشكيل رقمي ضيق النطاق. أما تباعد الموجات الحاملة فيبلغ 1 kHz. وطيف القدرة المركبة الناتج مستو ويمتد على نطاق قدرة 1,54 MHz ويهبط فجأة بمقدار 45 dB تقريباً عند حافة النطاق. أما مستوى النطاق الجانبي البعيد فيتناقص بما يقارب من f^{-2} حيث f هو التردد المقيس اعتباراً من مركز النطاق المركب. وقد يكون من الضروري إضافة ترشيح من أجل تفادي أن تتجاوز الكثافة spfd المجمعة للنطاق الجانبي عتبة التداخل المحددة لخدمة علم الفلك الراديوي. ولا يسبب هذا الترشيح مشاكل لعمل النظام COFDM المصمم خصيصاً لقبول عمليات الترشيح الإضافي. وفي حال الاضطرار إلى استعمال أشكال تشكيل أخرى للإذاعة DAB في هذا النطاق قد تحصل مشاكل تداخل تستدعي معالجتها التنسيق بين خدمتي الإذاعة DAB للأرض وعلم الفلك الراديوي.

6 الإرسالات الهامشية والإرسالات خارج النطاق الصادرة عن مرسلات الأرض

غالباً ما تكون الإرسالات الهامشية والإرسالات خارج النطاق الصادرة عن مرسلات خدمات الأرض أقل إزعاجاً لخدمة الفلك الراديوي من الإرسالات الصادرة عن السواتل والطائرات لأن مراصد علم الفلك الراديوي تقع عادة في أمكنة بعيدة يتم اختيارها على أساس الاستفادة من تأثير حجب الموقع. لكن قد تتضارب، على سبيل المثال، إرسالات الوصلة الصاعدة الصادرة عن محطات للأرض في النطاق 610 1-626,5 1 MHz مع استعمال خدمة الفلك الراديوي للنطاق 610,6 1-613,8 1 MHz. ونظراً لأن خدمة علم الفلك الراديوي تتمتع بتوزيع أولي في النطاق 610,6 1– 613,8 1 MHz وينص الرقمان 364.5 و372.5 من لوائح الراديو على حمايته من الإشعاعات غير المطلوبة الناجمة عن الخدمة المتنقلة الساتلية الفاعلة في النطاق 610 1-626,5 1 MHz فقد يتطلب ذلك تنسيقاً. ونظراً لأن الوصلات الصاعدة لبعض الأنظمة قد تستعمل التقنيات DSSS من الممكن أن تشكل نطاقاتها الجانبية، في حال عدم إجراء التنسيق، مصدراً للتداخل حتى عندما يقع الفص المركزي المفيد للطيف الذي ترسله خارج النطاق المخصص لعلم الفلك الراديوي.

_____