الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SM.443-4
(2007/02)

قياس عرض النطاق في محطات الرصد

السلسلة SM

إدارة الطيف

الاتحاد الدولي للاتصالات

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 القرار 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، 2020

© ITU 2020
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 SM.443-4*

قياس عرض النطاق في محطات الرصد

(2007-2005-1995-1978-1966)

مجال التطبيق

توصي هذه التوصية بطرائق لتحديد عرض النطاق المشغول في محطات الرصد فيما يتعلق بأصناف مختلفة للبث.

كلمات أساسية

قياسات عرض النطاق، أسلوب dB x، محطات الرصد

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) الحاجة إلى قياس عروض نطاقات البث في محطات الرصد بغية الترويج لاستخدام طيف الترددات الراديوية بكفاءة؛

ب) الحاجة إلى الحصول في محطات الرصد على نتائج لقياس عرض النطاق متجانسة سهلة الأداء ويعوّل عليها، وذلك للتمكين من المقارنة بين النتائج التي تتوصل إليها محطات الرصد المختلفة؛

ج) تعاريف عروض النطاقات المختلفة في لوائح الراديو والتوصية ITU-R SM.328، وخاصة تعاريف عرض النطاق المشغول وعرض النطاق dB *x*؛

د) تزايد تيسر التجهيزات القادرة على قياس عرض النطاق المشغول مباشرة بما في ذلك التجهيزات التي تستخدم تقنيات معالجة الإشارات الرقمية وتحويل فورييه السريع؛

هـ) الفصل 5.4 عن قياس عرض النطاق في كتيب قطاع الاتصالات الراديوية عن قياس الطيف (طبعة 2011)،

توصي بما يلي

1 أن يستخدم "أسلوب β%" المباشر المحدد في الملحق 1 في محطات الرصد عند قياس عرض النطاق المشغول؛

2 أن يستخدم "أسلوب dB *x*" المحدد في الملحق 2 في محطات الرصد عند قياس عرض النطاق dB *x*؛

3 أن من الممكن تقدير عرض النطاق المشغول بناءً على عرض النطاق dB *x* باستخدام العملية الموصوفة في الملحق 3 في حالة عدم الوفاء بالشروط اللازمة لقياس عرض النطاق المشغول بدقة، أو عدم توافر التجهيزات القادرة على أداء القياس β%.

* أدخلت لجنة الدراسات 1 للاتصالات الراديوية في عامي 2018 و2019 تعديلات صياغية على هذه التوصية وفقاً للقرار ITU-R 1.

الملحق 1

أسلوب قياس عرض النطاق المشغول (أسلوب β%)

1 مقدمة

يعرّف الرقم 153.1 من لوائح الراديو والتوصية ITU-R SM.328 عبارة عرض النطاق المشغول كما يلي:

"*عرض النطاق المشغول*: هو عرض نطاق الترددات الذي تكون فيه *القدرتان المتوسطتان* المرسلتان تحت التردد الحدي السفلي وفوق التردد الحدي العلوي مساوية كل منهما لنسبة مئوية معطاة β/2 من *القدرة المتوسطة* الكلية *لإرسال* ما.

وفي غياب مواصفات محددة في توصية من توصيات قطاع الاتصالات الراديوية بشأن *صنف الإرسال* المعني، تؤخذ القيمة β/2 مساوية 0,5%."

وطبقاً للقسم 2 من التوصية ITU-R SM.328 بشأن بث جهاز للإرسال، فإن الوصول إلى الحالة المثلى من وجهة نظر كفاءة الطيف يتحقق عندما يتساوى عرض النطاق المشغول مع عرض النطاق اللازم في الصنف المعني من البث، كما تحدده التوصية ITU-R SM.1138 المتضمنة بالإحالة في لوائح الراديو.

ومن الممكن طبقاً للتعريف الوارد أعلاه قياس عرض النطاق المشغول إما باستخدام المحللات الرقمية للطيف المكنوس أو مستقبِلات الرصد الرقمية التي تتيح اختزان الآثار المسجلة في الذاكرة من أجل المعالجة البيانية في وقت لاحق، أو عن طريق المحللات التي تستخدم تقنيات تحويل فورييه السريع.

2 الشروط العامة لقياس عرض النطاق

الشروط العامة لقياسات عرض النطاق هي ما يلي:

- يجب تأمين خط البصر بمنحني فرينل بين هوائي الإرسال وهوائي الاستقبال لضمان درجة التمييز العالية لمصدر البث.
- ينبغي استخدام هوائي اتجاهي يتميز بدرجة عالية من الاتجاهية ونسبة مرتفعة للأمامي إلى الخلفي بغية التقليل من التأثير على آثار الخبو متعدد المسيرات.
- يجوز استخدام أي محلل مناسب للطيف أو مستقبل رقمي للرصد.
- ينبغي ألا تقع تداخلات نبضية (مثل التداخل الناتج عن مصدر للإشعال).

3 عملية القياس

يضبط محلل الطيف أو مستقبل الرصد الرقمي وفقاً للأوضاع التالية:

- التردد: التردد المركزي المقدر للبث
- المدى: أكبر من عرض النطاق المقدر للبث بمقدار يتراوح بين 1,5 و2
- عرض نطاق الاستبانة: أقل من 3% من المدى
- عرض نطاق الفيديو: ثلاثة أمثال عرض نطاق الاستبانة أو أكثر
- المستوى/التوهين: يضبط بحيث تزيد نسبة الإشارة إلى الضوضاء (*S/N*) على dB 30
- المكشاف: قيم الذروة أو عينة

- وقت الكنس أو وقت الحيازة: أوتوماتي (بالنسبة للبث النبضي إذا كان من الطول بما يكفي لتسجيل نبضة واحدة لكل بكسيل على الشاشة)
- المنحني: MaxHold (في حالة التشكيل التماثلي)، وClearWrite (في حالة التشكيل الرقمي).

وفي معظم الأنظمة الرقمية، يظل عرض النطاق المشغول ثابتاً دون تغيير بمرور الوقت لأن انسياب المعطيات يرسل عادة وفقاً لمعدل ثابت للرموز. وفي هذه الحالات، تظل القيمة اللحظية لعرض النطاق المحسوب ثابتة نسبياً لكل منحني مسجل. ومن الممكن تحديد وقت أطول للكنس بغية تسوية نتائج القياسات اللاحقة المختلفة. ويؤدي ذلك إلى تسهيل قراءة النتائج.

وفي الأنظمة التماثلية، وخاصة عندما ترسل الإشارات الراديوية (F3E، A3E، J3E)، يتغير عرض النطاق المشغول اللحظي بسرعة مع التشكيل. وفي هذه الحالات، لا تعنى محطات الرصد إلا بعرض النطاق المشغول الأقصى خلال وقت معين للمشاهدة (كساعة على سبيل المثال). وللتوصل إلى هذه النتيجة يتعين استخدام الوظيفة "MaxHold".

وبعد تسجيل المنحني يحلل الطيف المعروض رياضياً من أجل حساب عرض النطاق المشغول كما يلي:

تجمع القدرة الطيفية (أو المستوى الطيفي) لكل خط من خطوط التردد في المنحني المختزن طيلة المدى المضبوط من أجل الحصول على القدرة المرجعية بنسبة 100%. وفي عملية حسابية ثانية بداية من أدنى تردد مسجل، تجمع مرة أخرى قيمة القدرة الطيفية لكل خط من خطوط التردد إلى أن يصل حاصل الجمع إلى نسبة 0,5% من القدرة الإجمالية المحددة مسبقاً. وعند هذه النقطة توضع علامة. ثم تجرى نفس العملية الحسابية بداية من أعلى تردد مسجل (الحافة اليمنى من العرض) حتى بلوغ نسبة 0,5% من القدرة الإجمالية مرة أخرى، وعندئذ توضع علامة ثانية. وعرض النطاق المشغول هو إذن فارق التردد بين العلامتين.

4 شروط القياس ودقته

تتوقف الدقة النسبية على:

- *الشكل الطيفي للإشارة*

عندما ترتفع شدة الإشارة وتنخفض على نحو حاد نحو حواف القناة المستخدمة، تزيد الدقة.

- *عرض نطاق الاستبانة*

يؤدي صغر عرض نطاق الاستبانة إلى زيادة الدقة لأن حساب عرض النطاق يستند إلى الشكل البياني للمنحني المعروض الذي يزداد عرضه دائماً بسبب مرشاح القياس.

- *مدى التردد*

إذا زاد عرض مدى التردد عن اللازم، زاد مقدار الضوضاء التي تدخل في عملية الحساب وهو ما يقلل من الدقة. إلاّ أن المدى ينبغي أن يكون من العرض بحيث يتضمن على الأقل بعض المكونات الطيفية دون نقطة 0,5% (أو نقطة –26 dB).

- *مستوى الضوضاء والتداخل*

لما كانت الضوضاء والتداخل خارج القناة المستخدمة يدخلان في العملية الحسابية، فإن وجود فارق كبير بين الإشارة المفيدة والتداخل من شأنه أن يزيد من الدقة. وبناءً على ذلك، يحسن وجود قيمة دنيا لنسبة القدرة في القناة المجاورة أو وجود فارق أدنى بين مستوى الذروة ومستوى الترددات القصوى بمقدار 30 dB حتى يكون الخطأ في القياس أقل من 10% (انظر الشكلين 1 و2).

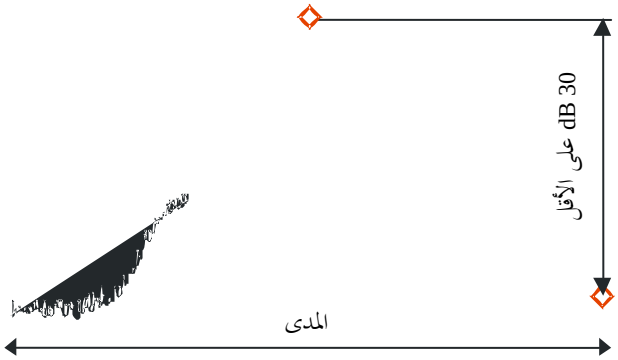
- *محاولات القياس*

قد يؤدي تقلب الإشارة الرقمية نتيجة لعدم ثبات إشارة التشكيل إلى عدم اليقين فيما يتعلق بنتيجة القياس. ويوصى إذن بتكرار القياس 400 مرة على الأقل للحصول على متوسط عرض النطاق المشغول.

وينبغي الحرص على ألاّ توجد أي إشارة مسببة للتداخل داخل المدى المسجل لأنها ستعامل بوصفها جزءاً من الإشارة المنشودة، وهو ما قد يؤدي إلى خطأ كبير في القياس.

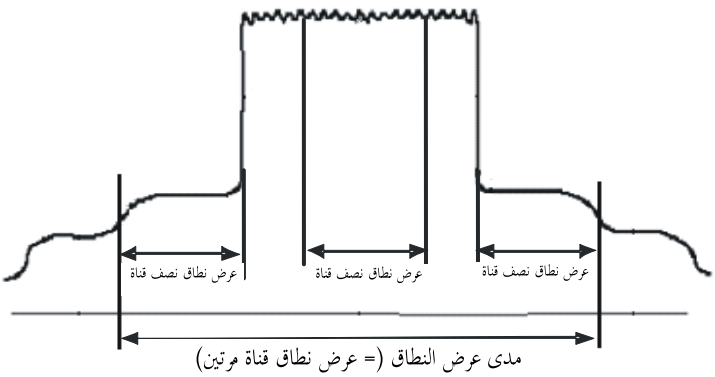
الشكل 1

الفارق بين مستوى الذروة ومستوى الترددات القصوى



الشكل 2

نسبة القدرة في القناة المجاورة باستخدام عرض النطاق لنصف قناة



الملحق 2

أسلوب قياس عرض النطاق dB *x* (أسلوب dB *x*)

1 مقدمة

يعرّف "عرض النطاق dB *x* (التوصية ITU-R SM.328 (الفقرة 8.1)) بأنه عرض نطاق تردد يكون أي مكون طيفي منفصل أو كثافة قدرة طيفية متصلة بعد حدوده العليا والدنيا أقل من مستوى مرجعي محدد مسبقاً هو 0 dB بمقدار dB *x*.

وفي الحالات التي تدعو فيها الحاجة تماماً إلى معرفة هذه القيمة لكي يمكن على سبيل المثال تحديد حد مجال البث خارج نطاق بث الرادار، يمكن قياس عرض النطاق dB *x* باستخدام أي محلل للطيف أو مستقبل رقمي للرصد.

يضاف إلى ذلك أن البث، طبقاً للمتطلبات الواردة في البند 2 من التوصية ITU-R SM.328 بشأن بث مرسِل، يعتبر مثالياً من حيث كفاءة استخدام الطيف عندما يكون عرض نطاقه dB *x* معادلاً لعرض النطاق اللازم لصنف البث المعني الوارد في التوصية ITU-R SM.1138 المتضمنة بالإحالة في لوائح الراديو.

2 إجراءات القياس

أولاً، ينبغي تحديد المستوى المرجعي 0 dB. وهو عادة مستوى الخط الطيفي الأعلى عندما يسجل الطيف بعرض ضيق لنطاق الاستبانة على المحلل. فإذا افترضنا أن قدرة المرسل تعود خلال فترة التسجيل إلى الموجة الحاملة مرة واحدة على الأقل، ترتب على ذلك أن هذا المستوى يساوي إجمالي القدرة المرسلة. غير أن هذا الافتراض مستحيل في حالة الإشارات المشكّلة رقمياً. ورغم أن المستوى المرجعي 0 dB ما زال مطابقاً لمستوى الخط الطيفي الأعلى، فإنه لا يساوي إجمالي القدرة المرسلة. ولهذا السبب، كانت قيم *x* اللازمة للحصول على نتائج مشابهة تختلف فيما بين البث التماثلي والبث الرقمي.

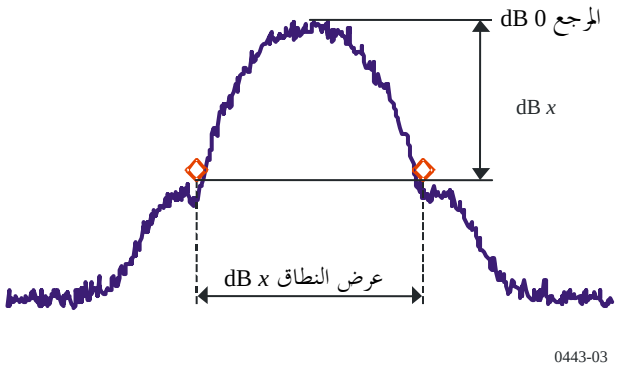
وينبغي ضبط محلل الطيف/المستقبل الرقمي على النحو التالي:

- التردد المركزي: f_0 (تردد الموجة الحاملة أو التردد المركزي المقدر للبث)
- المدى: أكبر من عرض النطاق المقدر للبث بمقدار 1,5
- عرض نطاق الاستبانة: أقل من 3% من المدى
- عرض نطاق الفيديو: ثلاثة أمثال عرض نطاق الاستبانة أو أكثر
- المكشاف: مكشاف قيم الذروة
- المنحني: MaxHold.

وعند اكتمال المنحني يجري البحث عن مستوى الذروة. وتقرأ قيمة عرض النطاق dB *x* على شاشة الجهاز بوصفه عرض نطاق تردد يكون أي مكون طيفي منفصل خارج حديه الأدنى والأعلى أقل من مستوى مرجعي محدد سلفاً هو 0 dB بمقدار dB *x* على أقل تقدير. فإذا كان هناك أكثر من خطين طيفيين لهما نفس المستوى، أخذت عندئذ الترددات القصوى. ويكون فارق التردد بين العلامتين هو عرض النطاق dB *x*.

الشكل 3

عرض النطاق dB *x*



3 شروط القياس ودقته

تتوقف دقة الأسلوب dB *x* على:

– *الشكل الطيفي للإشارة*

عندما ترتفع شدة الإشارة وتنخفض على نحو حاد نحو حواف القناة المستخدمة، فإن الدقة تزيد.

– *عرض نطاق الاستبانة*

يؤدي صغر عرض نطاق الاستبانة إلى زيادة الدقة لأن شكل الإشارة المعروض يزداد عرضه دائماً بسبب مرشاح القياس.

– *مدى التردد*

إذا زاد عرض مدى التردد عن اللازم، قلت خطوط العرض المتاحة لإظهار الإشارة ووضع العلامات. وإذا قلت الاستبانة زاد عدم اليقين في القياس.

– *مستوى الضوضاء والتداخل*

ينبغي أن تكون نسبة الإشارة إلى الضوضاء كافية وفقاً للبث المحلل. ويوصى بحد أدنى قدره x + 5 dB حتى تكون نسبة الخطأ في القياس أقل من 10%. وتقتضي إحدى أفضل الطرق عندما تكون دينامية الإشارة غير كافية في محطة الرصد إجراء القياس باستخدام محطة متنقلة يمكنها أن تقترب من المرسل.

ومن الممكن تحمل الإشارات المسببة للتداخل في حدود المدى المعروض دون أن يكون لها تأثير على نتيجة قياس يدوي لقيمة dB *x* إذا كان عرض نطاقها ضيقاً بالمقارنة مع عرض نطاق الإشارة المنشودة، وإذا لم يقع تردد التداخل على إحدى نقاط dB *x*.

4 قياس عرض نطاقات dB *x* إذا كان للتداخل تأثير

يمكن في بعض الحالات قياس قيم عرض نطاق dB *x* أو على الأقل تقديرها عند وجود إشارات مسببة للتداخل تتجاوز مستوياتها قيمة مستوى مقيس dB *x*. ويتضح من الشكل 4 أنه إذا لم تكن حدود عرض النطاق dB *x* بداية من كل حافة لطيف بث قيد النظر غير ظاهرة بسبب التداخل (الطيفان 1 و2)، فإن عرض نطاق هذا الطيف ذاته يقاس دون مراعاة أطياف التداخل. أو يمكن القول بعبارة أخرى إن عرض النطاق dB *x*، B_{ox}، في الحالة المبينة في الشكل 4، يساوي B_m ولا يساوي B_Σ.

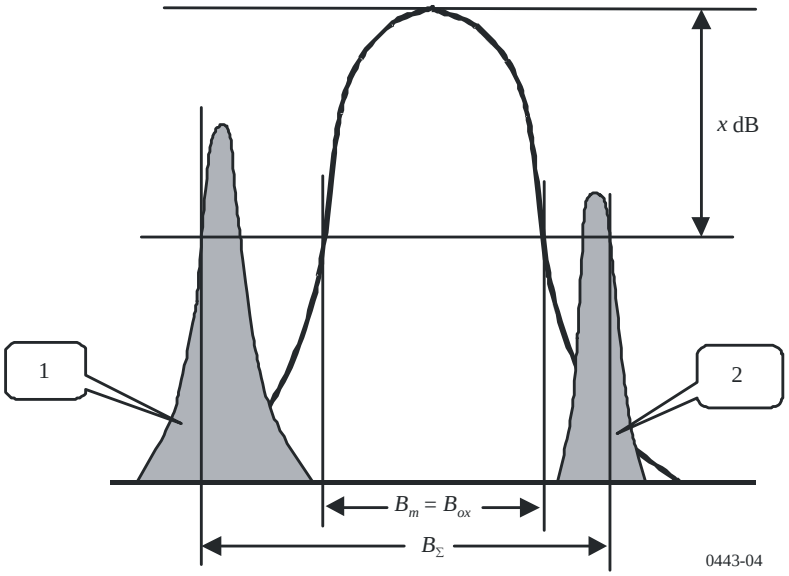
وفي حالة الشك فيما إذا كان الطيفان 1 و2 يرجعان إلى إشارات مسببة للتداخل، فمن الممكن تحديد المرسلات المسببة للتداخل عن طريق استخدام مقياس للترابط ذي قناتين يظهر قيمة ضئيلة لعامل الترابط بين الإشارة المقابلة لطيف البث موضوع النظر وبين إشارة للتداخل الممكن (الأقسام 4.5.4.4 و5.5.8.4 و6.5.8.4 من كتيب مراقبة الطيف الراديوي الصادر عن الاتحاد الدولي للاتصالات (طبعة 2011)).

وحتى في الحالة التي يخفي فيها طيف تداخلي أحد حدود عرض النطاق x dB كما يظهر في الشكل 5 (الطيف 3)، فإن اتسام طيف الإشارة المنشودة بالتناظر كما يحدث في معظم الأحيان يعني أن من الممكن تقدير قيمة عرض النطاق على أساس نصف عرض الطيف، أي أن B_k 2 = B_{ox}.

ومن الطبيعي أن تشوب عمليات القياس التي تجرى تحت تأثير الإشارات المسببة للتداخل أخطاء أكبر مما يشوب العمليات التي تجرى في غياب التداخل. غير أن التقديرات التي يمكن الحصول عليها في بعض الحالات مناسبة تماماً للتطبيقات العملية.

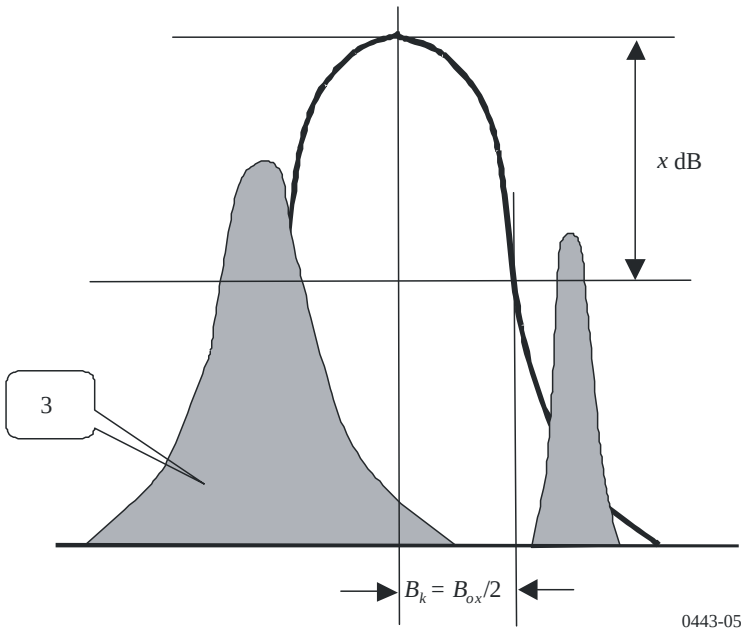
الشكل 4

قياس عرض النطاق في وجود التداخل



الشكل 5

قياس عرض النطاق بنصف الطيف



الملحق 3

تقدير عرض النطاق المشغول باستخدام أسلوب dB *x*

1 مقدمة

لا يمكن في الحالتين التاليتين تطبيق أسلوب β% لقياس عرض النطاق المشغول مباشرة:

- ارتفاع مستوى التداخل داخل النطاق عن مستوى الإشارة المنشودة؛
- عدم وجود تجهيزات مناسبة يمكنها استخدام أسلوب β%.

وفي هاتين الحالتين، يمكن استخدام أسلوب *x* dB كما وصف في الملحق 2 في تقدير عرض النطاق المشغول.

ولحساب عرض النطاق المشغول كنتيجة لأسلوب *x* dB، يتعين انتقاء قيم المستوى المرجعي 0 dB و*x* بعناية.

وهناك بصفة عامة طريقتان مختلفتان لمقارنة عرض النطاق المقيس بعرض النطاق اللازم أو المشغول:

- يقاس عرض النطاق –26 dB دائماً ويطبق عامل تحويل.
- تقاس الإشارة في حالة قيم محددة لـ *x* dB وتكون مختلفة بالنسبة لكل صنف من أصناف البث.

2 تقدير عرض النطاق المشغول بناءً على عرض النطاق –26 dB

عند استخدام هذا الأسلوب، يقاس عرض النطاق دائماً عند نقاط –26 dB طبقاً للعملية المذكورة في الملحق 2. وينبغي استخدام عوامل التحويل بين 26 dB وB_{26}، وعرض النطاق اللازم B_n، في الجدول 1 لتقدير عرض النطاق المشغول أو عرض النطاق اللازم.

الجدول 1

صنف البث	العلاقة بين B_{26} وB_n
A1A، A1B، A2A، A2B	$B_{26} = 0{,}9\ B_n$
F1B	$B_{26} = B_n$
F3C	$B_{26} = B_n$
F7BDX	$B_{26} = 0{,}9\ B_n$

3 التقدير المباشر لعرض النطاق المشغول بناءً على قياس عرض النطاق dB *x*

عند استخدام هذا الأسلوب يقاس عرض النطاق باستخدام أسلوب *x* dB الذي يرد وصفه في الملحق 2.

ويحدد المستوى المرجعي 0 dB دائماً طبقاً لمستوى ذروة المنحني الناتج. وينبغي الحصول على قيم *x* من الجدول 2 طبقاً لتشكيل الإشارة.

الجدول 2

صنف البث (انظر لوائح الراديو، التذييل 1)	قيم *x* dB الواجب استخدامها عند قياس عرض النطاق *x* dB بغية التقدير المباشر لعرض النطاق المشغول	ملاحظات
A1A A1B	30–	
A2A A2B	32–	
A3E	35–	
B8E	26–	
F1B	25–	
F3C	25–	
F3E G3E	26–	
F7B	28–	
H2B	26–	
H3E	26–	
J2B	26–	
J3E	26–	
R3E	26–	
C7W (8-VSB)	12–[1]	متوسط لأكثر من 300 كنس
G7W (T-DAB)	8–[1]، [2]	متوسط لأكثر من 100 كنس

[1] طبقاً للتوصية ITU-R SM.328 وحدات هذه القيم dBsd لاختيار السوية المرجعية عند القيمة القصوى للكثافة الطيفية للقدرة (psd) داخل عرض النطاق اللازم.

[2] تم استنباط هذه القيم من تجارب T-DMB يستعمل شبكة T-DAB مأخوذة من التقرير ITU-R BT.2049.

والقيمة الناتجة عن القياس هي تقدير عرض النطاق المشغول.