الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R SM.1880

(2011/02)

قياس درجة انشغال الطيف

السلسلة SM

إدارة الطيف

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
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
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، 2011

© ITU 2011

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 SM.1880

قياس درجة انشغال الطيف

(2011)

مجال التطبيق

على الرغم من أن القياس الأوتوماتي لانشغال الطيف لن يقصي تماماً عمليات الرصد اليدوية، فإنه لا يزال يناسب معظم الحالات بصورة جيدة، حيث ينبغي لقياسات درجة انشغال قنوات الترددات وكذلك انشغال نطاقات الترددات أن تتسم بقدر معين من الدقة لكي تجري مقارنتها أو دمجها، إذا اقتضى الأمر. وباستعمال التقنية بهذه الطريقة المثلى، يمكن استعمال المعدات الحالية بكفاءة أكبر.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن زيادة الطلب على خدمات الاتصالات الراديوية تتطلب أكفأ استخدام لطيف الترددات الراديوية؛

ب) أن إدارة الطيف لا تتم بصورة مرضية إلا عندما تتوفر لدى مديري الطيف المعلومات المناسبة عن الاستعمال الفعلي للطيف واتجاهات الطلب؛

ج) أن نتائج قياسات انشغال الطيف تقدم مدخلات هامة في المجالات التالية:

– تعيينات التردد وتخصيصاته؛

– التحقق من الشكاوى المتعلقة بعدم تيسر القنوات؛

– معرفة درجة كفاءة استعمال الطيف؛

د) أن المعلومات المتوفرة في قواعد بيانات تخصيصات التردد لا تظهر درجة حمولة كل قناة تردد؛

هـ) أن بعض الإدارات تخصص نفس التردد لعدة مستعملين من أجل استعماله بالتقاسم؛

و) أن من المحبذ مقارنة نتائج القياسات التي تجريها بلدان مختلفة في المناطق الحدودية أو في نطاقات الخدمة المتنقلة للطيران أو الخدمة المتنقلة البحرية على سبيل المثال؛

ز) أن تجهيزات المراقبة الأوتوماتية مستخدمة الآن في الإدارات، بما في ذلك عن طرائق تحليل السجلات وأن بالإمكان تقييم عدد من المعلمات التي لها قيمة كبيرة في التمكين من زيادة كفاءة استخدام الطيف؛

ح) أنه يجب أن يحدد، عند تصميم نظام مؤتمت لجمع بيانات الانشغال لاستخدامها في إدارة الطيف، والمعلمات التي يتعين قياسها والعلاقة بين هذه المعلمات ومعدل التواتر الذي ينبغي اتباعه في أخذ هذه القياسات لضمان الدلالة الإحصائية للبيانات؛

ط) أنه ينبغي توحيد إجراءات القياس وتقنياته من أجل تسهيل تبادل نتائج القياس بين مختلف البلدان؛

ي) أن نجاح عمليات دمج بيانات المراقبة أو تصنيفها في مجموعات لا يعتمد على نسق البيانات الذي حفظت به هذه البيانات فحسب، بل على الظروف البيئية والتقنية التي جمعت فيها هذه البيانات أيضاً،

وإذ تدرك

أ) أن ثمة طرائق ومبادئ مختلفة لقياسات درجة انشغال الطيف مستخدمة في مختلف البلدان؛

ب) أن هناك طريقة واحدة للحصول على بيانات عالية الدقة بخصوص انشغال قنوات التردد وأن هذه البيانات عادة ما تشكل أساس تحديد درجة انشغال نطاق التردد،

توصـــي

1 باستعمال إجراءات وتقنيات القياس المحددة في الملحق 1 لقياس درجة انشغال الطيف؛

2 باستخدام النسخة السارية من كتيب مراقبة الطيف للاتحاد الدولي للاتصالات للاسترشاد به في قياس درجة انشغال الطيف وأن تستوفي أجهزة القياس المتطلبات المذكورة في هذا الكتيب؛

3 باستخدام نسق مشترك للبيانات، ملف ASCII خطي مشتق من نسق بيانات المراقبة الراديوية (RMDF)، وذلك طبقاً للتوصية ITU-T SM.1809.

الملحق 1

1 مقدمة

يصف هذا الملحق قياسات انشغال قنوات التردد التي تجري بواسطة مستقبل أو محلل طيف. ويتم تخزين شدة إشارة كل درجة تردد. وتتيح المعالجة اللاحقة تحديد النسبة المئوية من الوقت الذي تكون الإشارة خلالها أعلى من سوية عتبة معينة. وغالباً ما ينتج عن مستعملين مختلفين لإحدى القنوات قيم شدة مجال مختلفة في المستقبِل، مما يتيح حساب درجة الانشغال الناجمة عن مختلف المستعملين وعرضها.

2 التعاريف

قياسات درجة انشغال قنوات التردد: قياسات القنوات التي لا تفصلها بالضرورة نفس المسافة والتي يمكن توزيعها على عدة نطاقات تردد مختلفة بقصد تحديد انشغال أو عدم انشغال القناة. والهدف هو قياس أكبر عدد ممكن من القنوات في أقصر فترة زمنية ممكنة.

فترة المعاينة: الوقت اللازم لمعاينة جميع القنوات الواجب قياسها (مشغولة كانت أم لا) ثم الرجوع إلى القناة الأولى.

وقت الرصد: الوقت اللازم للنظام لإجراء القياسات المطلوبة في قناة ما. بما في ذلك وظائف المعالجة الإضافية مثل تخزين النتائج في الذاكرة أو على قرص مرن.

أقصى عدد من القنوات: أقصى عدد من القنوات التي يمكن معاينتها خلال فترة المعاينة.

مدة الإرسال: متوسط فترة وقت الإرسال الراديوي الفردي.

مدة المراقبة: الزمن الكلي الذي تجري خلاله قياسات الانشغال.

سوية العتبة الموضوعة مسبقاً للقياسات: عندما تكون شدة الإشارة المستقبلة أعلى من سوية العتبة تكون القناة مشغولة.

ساعة الزحمة: أعلى سوية انشغال للقناة خلال مدة 60 دقيقة.

3 المتطلبات

1.3 التجهيزات

يتكون النظام الجيد القادر على إجراء قياس درجة انشغال قنوات التردد باستعمال تسجيلات نطاق التردد من مستقبِل راديوي أو محلل طيفي وهوائي مناسب وكبل وحاسوب/جهاز تحكم مع موائم للسطح البيني وبرمجيات مناسبة للاستحواذ والمعالجة اللاحقة.

وقد تتضمن العناصر الأخرى نظاماً عالمياً لتحديد الموقع لأغراض التشغيل المتنقل/الجوال للمحطة ومودم اتصالات للتحكم عن بعد وتبادل البيانات ومعايرة للنظام من أجل قياسات مرجعية لشدة المجال ومبدلات هوائيات ومراشيح وموهنات من أجل النطاقات المتعددة و/أو البيئات ذات التعرض الشديد للمجالات الكهرمغنطيسية.

2.3 اعتبارات اختيار الموقع

ينبغي اختيار الموقع بحيث تكون شدة الإشارة المتوقعة للإرسالات المعنية أكبر من مستوى العتبة المتوقع. وستحدد العلاقة بين هاتين المعلمتين منطقة تكون القياسات المجراة فيها ذات صلة بأي محطة تعمل بقدرة إشعاع تتجاوز قيمة معينة للقدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) أو قيمة معينة للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.).

ويمكن تقييم شدة الإشارة المتوقعة بمراعاة المحطات المرخصة في المنطقة وخصائص إرسالاتها واستعمال برمجيات محاكاة. ويمكن تقدير العتبة بالنظر إلى حساسية النظام (الضوضاء الأساسية) أو قياسات سابقة أجريت في نفس الظروف بنفس المعدات والتشكيلة.

إذا لم تتح أي معلومات تمهيدية، يمكن إجراء مسح للموقع باستخدام أجهزة محمولة. وهذا الأمر له أهمية خاصة إذا كانت موضعية الأجهزة تتسم بطبيعة خاصة وإذا كان تغيير الموقع في المستقبل أمراً يصعب تحقيقه.

وينبغي لنتائج القياسات أن تكون مصحوبة بتقرير نموذجي عن تحليل أجرى لاختيار الموقع، يشير إلى المنطقة والمرسلات التي يتوقع إخضاعها للقياس.

3.3 المعلمات المتعلقة بالزمن

ثمة علاقة وثيقة بين مدة الرصد وعدد القنوات ومتوسط طول مدة الإرسال ومدة المراقبة.

ترتبط *فترة المعاينة* مباشرة بمدة الرصد وعدد القنوات. كما تؤثر *مدة المعالجة* (نقل المعطيات بين المستقبل وجهاز التحكم) على فترة المعاينة وينبغي اختصارها إلى أبعد حد.

$$\textit{فترة المعاينة} = (\textit{مدة الرصد} \times \textit{عدد القنوات}) + \textit{مدة المعالجة}$$

ترتبط *مدة رصد القناة الواحدة* بسرعة المسح في تجهيز المراقبة. وحرصاً على إبقاء فترة المعاينة قصيرة بدرجة معقولة في تجهيز بطيء نسبياً، يتعين الحد من عدد القنوات الواجب قياسها.

وعند تطبيق المعادلة أعلاه على محللات الطيف وعند ضبط عرض النطاق المرجعي على عرض نطاق القناة، يمكن اعتبار *عدد القنوات* مساوياً لعدد الرصدات[1] في دورة المسح الواحدة ومدة الرصد مساوية لزمن استمرار الرصدة الواحدة.

[1] تشير الرصدات (Bins) في الإحصاء إلى مجموعات (أو فئات أو أصناف) من البيانات تقع ضمن مدى معين من القيم.

ويسري الأمر نفسه على المحللات ذات محول فوريه السريع، خاصة إذا كان عدد القنوات المقرر مسحها أكبر من حجم محول فوريه السريع وتواصل بعض عمليات الكنس. بيد أنه في هذه الحالة، ينبغي قسمة عدد القنوات التي تم مسحها على عدد القنوات التي خضعت للتقييم في كل عملية تحويل باستخدام محول فوريه السريع.

ويتعين على نظام المراقبة إجراء المسح بسرعة مقبولة من أجل اكتشاف الإرسالات الفردية القصيرة.

ومبدئياً، هناك نهجان مختلفان للحصول على أرقام انشغال القنوات:

أ) التقاط كل إرسال في النطاق الخاضع للرصد. ويحتاج هذا النهج إلى فترة قصوى للمعاينة تساوي نصف القيمة الدنيا لمدة التشغيل أو التوقف لأي مرسل في النطاق، أيهما أقصر، وتعطي هذه الطريقة دقة لا تعتمد على نتائج الانشغال ويمكن أن تسمح عدة مراقبة أقصر.

ب) نهج إحصائي: خاصة عند مراقبة رشقات للأنظمة الرقمية، وربما يكون الزمن الأدنى للإرسال قصير جداً عند التطبيق العملي للمبدأ أعلاه. بيد أنه إذا كانت مدة المراقبة طويلة بما يكفي لتوفير عينات كافية، فإن نتائج الانشغال تكون صحيحة حتى مع فترات معاينة أطول بكثير، لأن الاحتمال الإحصائي لالتقاط إرسال إزاء احتمال فقده يكون مساوياً لمدة تشغيل الإرسال. بيد أن دقة النهج الإحصائي تعتمد على قيمة الانشغال حسبما هو موضح أدناه.

مدة المراقبة هي فترة المعاينة ومدد الإرسال المتوقعة النمطية وعدد القنوات الواجب مسحها والدقة المطلوبة للنتائج.

ينبغي أن تكون مدة المراقبة طويلة بما يكفي لمراقبة كافة الإرسالات المعنية. وعندما لا يكون هناك نموذج للتوزيع الزمني ينبغي أن تراعى التقييمات الأولية مدة المراقبة 24 ساعة كحد أدنى أو مضاعفات 24 ساعة. ويبين الأسبوع الواحد من المراقبة الفرق بين الانشغال في أيام الأسبوع والانشغال أثناء عطلة نهاية الأسبوع. وتتيح سبع فترات من 24 ساعة موزعة على فترة أطول من الوقت (سنة مثلاً) معلومات أكثر دقة عن انشغال القنوات.

4.3 الدقة وسوية موثوقية الإحصاءات

لا توجد علاقة خطية بين الدقة وفترة المعاينة. ففي حالة قياس 100 قناة مع فترة معاينة مدتها 1 s، وهي قيمة عملية، يمكن زيادة عدد القنوات إلى 1 000 مع فترة معاينة لعشر ثوان دون تأثير بالغ على سوية الموثوقية/الدقة.

ثمة علاقة خطية بين درجة الانشغال وعدد العينات المطلوبة لتحقيق سوية الموثوقية الملازمة. وكلما انخفضت درجة الانشغال كلما ازداد عدد العينات.

ويقارن الجدول 1 بين الاعتيان المستقل، وهي الحالة الأبسط، باستعمال نظرية الحد المركزي، والاعتيان غير المستقل باستعمال سلسلة ماركوف من الدرجة الأولى، وهما يختلفان قليلاً عن الكثير من النماذج الرياضية الأكثر تعقيداً.

ويبين الشكل 1 عدد العينات المستقلة المطلوبة إزاء درجة انشغال الطيف عند دقة نسبية تبلغ 10% وسوية موثوقية تساوي 95%.

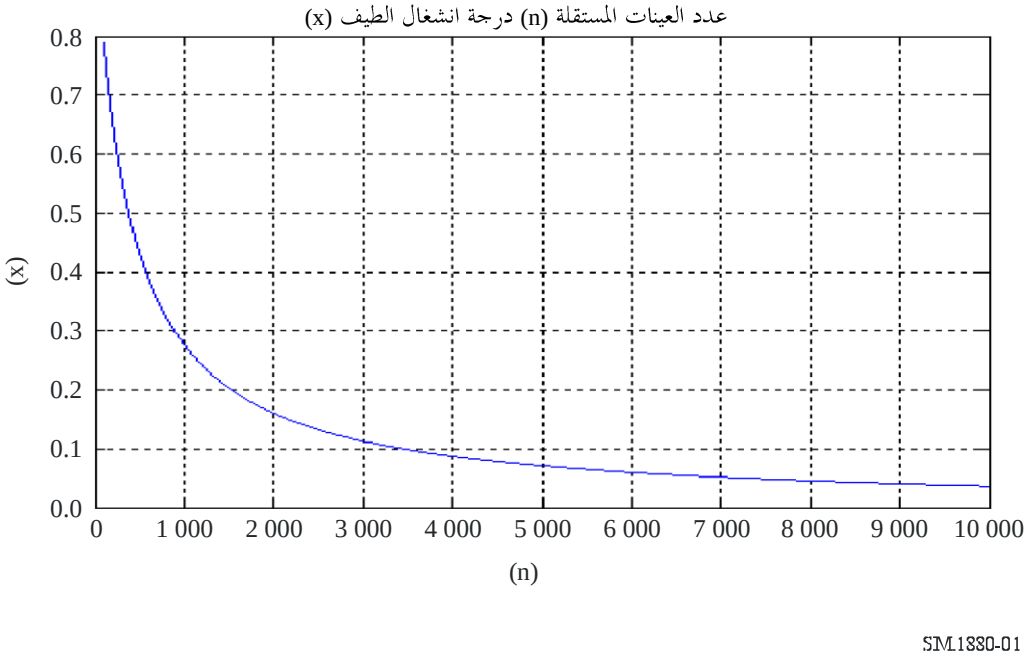
الجـــدول 1

عدد العينات المستقلة وغير المستقلة اللازمة لتحقيق دقة نسبية بمقدار 10%
وسوية ثقة 95% بنسب مئوية مختلفة لشغل نطاق الترددات
(بافتراض فترة اعتيان مقدارها 4 s)

الانشغال (%)	عدد العينات المستقلة المطلوب	عدد العينات غير المستقلة المطلوب	ساعة الاعتيان المطلوبة للعينات غير المستقلة
6,67	5 368	16 641	18,5
10	3 461	10 730	12
15	2 117	6 563	7,3
20	1 535	4 759	5,3
30	849	2 632	2,9
40	573	1 777	2,0
50	381	1 182	1,3
60	253	785	0,9
70	162	166	0,2

الشـــكل 1

عدد العينات المستقلة المطلوبة إزاء انشغال الطيف عند دقة نسبية مقدارها 10%
وسوية موثوقية مقدارها 95%



SM.1880-01

5.3 اعتبارات بشأن قياسات الانشغال

1.5.3 التعرف على هوية الإرسال

المراقبة الأوتوماتية البسيطة غير قادرة على التمييز بين البث المطلوب والبث غير المطلوب. أو إذا شَغَل عدة مستعملين تردداً داخل منطقة تغطية نظام المراقبة. وتعالج كل الإرسالات التي تتجاوز قيمة العتبة المختارة باعتبارها قنوات مشغولة.

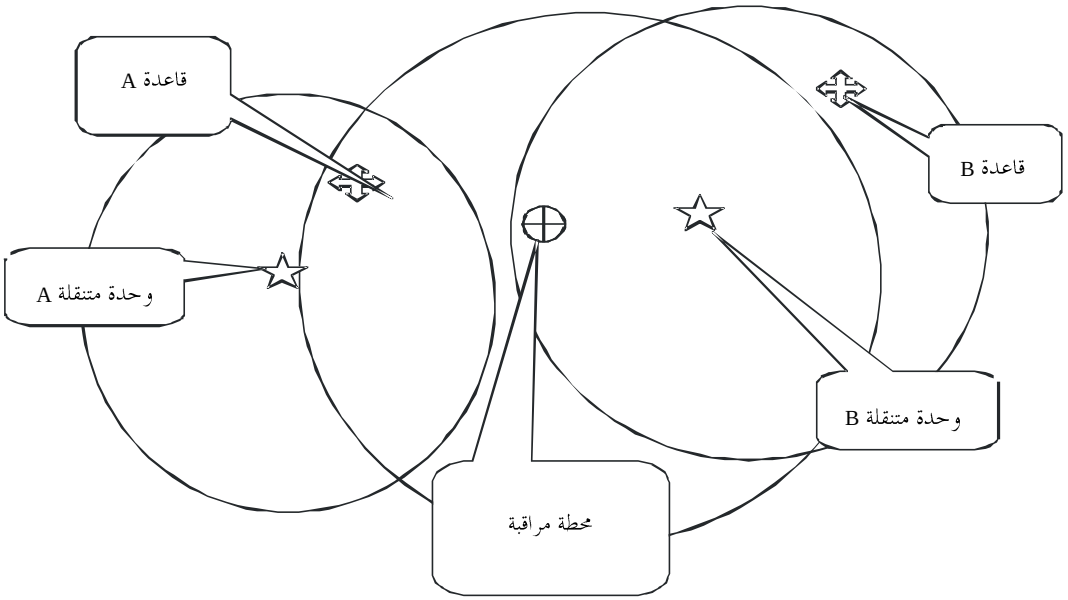
ويمكن استعمال برمجيات حديثة للمعالجة في الوقت الفعلي والمعالجة اللاحقة التمييز بين المستعملين المختلفين مع مراعاة معلومات مثل شدة المجال واتجاه الوصول عند المستقبل ومعلومات شفرة انتقائية وخصائص التشكيل.

2.5.3 مراقبة الإرسالات المتنقلة (انظر الشكل 1)

قد تكون وحدة متنقلة ما مطلوبة (وحدة متنقلة A) أبعد بكثير عن محطة المراقبة من موقع قاعدة المستعملين (قاعدة A). وبالتالي قد تكون شدة الإشارة المستقبلة أقل من قيمة العتبة المحددة للمراقبة في الوقت الذي تكون فيه قوية في موقع القاعدة بشكل يكفي للتمكن من إرسالها (انظر الشكل 2).

الشـــكل 2

مراقبة الإرسالات المتنقلة



SM1880-02

وعلى عكس ذلك قد يستقبل موقع المراقبة وحدة متنقلة لمستعمل خارج المنطقة التي تشغل نفس القناة (وحدة متنقلة B) دون أن تسمعها قاعدة المستعملين الأساسية.

وفي الحالتين أعلاه، يمكن التوصل إلى نتائج مضللة، حيث يمكن لنتائج الانشغال أن تكون غير تمثيلية للشبكة المتنقلة بالكامل، بل للمنطقة التي يغطيها موقع المراقبة فقط.

3.5.3 الانتشار

ينبغي أيضاً مراعاة شروط الانتشار عند وضع سويات عتبة المستقبلات، وينبغي مراقبة الانتشار أثناء فترة القياس.

6.3 تقديم المعطيات المجمّعة وتحليلها

وتخزن النتائج كل 5 أو 15 أو 30 أو 60 دقيقة حسب الحاجة. وبالإمكان وضع هذه المعطيات في جداول أو رسوم بيانية خطية أو حسب التسلسل الزمني أو في مخططات. بعد استخراج المعلومات المطلوبة من معطيات الاعتيان، توضع هذه الأخيرة جانباً.

ينبغي أن يشير نظام العرض على الأقل إلى موقع محطة المراقبة وتاريخ ومدة القياس والتردد ونمط المستعمل (المستعملين) وسوية العتبة المستعملة ودرجة الانشغال خلال ساعة الزحمة وفترة المعاينة.

1.6.3 مثال تمثيلي لشدة المجال المستعملة في التمييز بين المستعملين المختلفين

إذا سجلت قيم شدة المجال أمكن استنباط معلومات إضافية من القياسات.

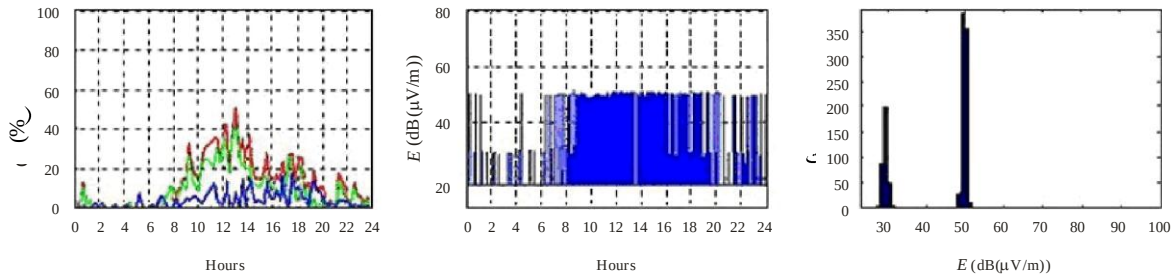
والرسم البياني الواقع إلى اليسار في الشكل 3 هو الطريقة المتداولة لتمثيل درجة الانشغال مع مدة محددة قدرها 15 دقيقة وعادة في خط منحن واحد. ويمثل المنحني الأحمر في يسار الرسم الانشغال الكلي الذي ينتج عن جميع المستعملين في تلك القناة. ويمثل المنحني الأخضر الانشغال الناجم عن محطة مستَقبلَة بمقدار 49 dB(μV/m) تقريباً (انظر الرسم البياني الواقع إلى اليمين). أما المنحني الأزرق فهو الانشغال الناجم عن جميع المستعملين الآخرين. وفي هذه الحالة يُستَقبل المستعمل الثاني بقدرة تبلغ حوالي 29 dB(μV/m).

ويمثل الرسم الواقع في الوسط المستويات المستقبلة مع مرور الوقت. ولا تقيم إلا المستويات المستقبلة التي تزيد عن مستوى العتبة (تساوي في هذا المثال 20 dB(μV/m)).

ويبين الرسم الواقع إلى اليمين التوزيع الإحصائي لقيم شدة المجال المستقبلة. وسجلت القيمة 49 dB(μV/m) في هذا المثال 380 مرة في فترة قوامها 24 ساعة والقيمة 50 dB(μV/m) سجلت نحو 350 مرة، وهكذا.

الشـــكل 3

معالجة محسنة لمعطيات الانشغال



SM1880-03

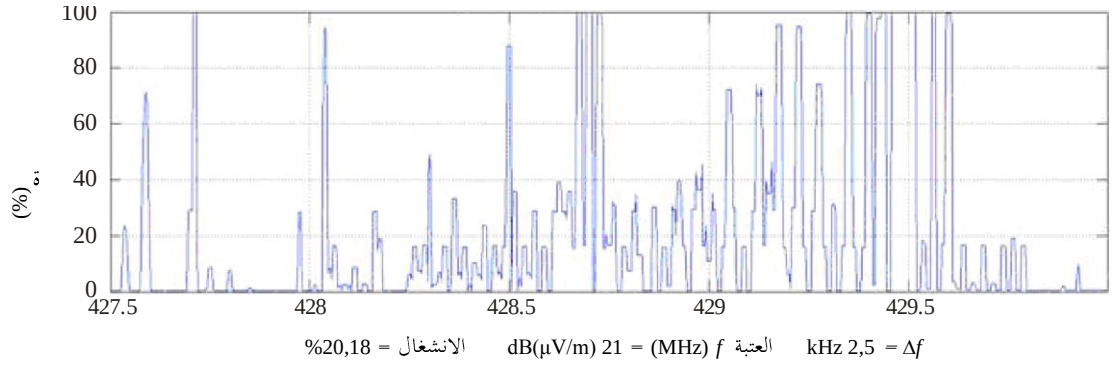
2.6.3 تمثيل انشغال نطاق التردد بالنسبة المئوية

بدلاً من تمثيل الانشغال في كل قناة على حدة، ينبغي تمثيل انشغال كامل نطاق التردد المقيس أيضاً.

ويبين الشكل 4 متوسط الانشغال في 24 ساعة من كل درجة تردد وحيدة.

الشـــكل 4

متوسط الانشغال في 24 ساعة



SM1880-04

وكمثال، يفترض أن أحد نطاقات التردد يمكن مسحه في 1 000 درجة في 10 s. وتعطي كل درجة أكثر من 8 640 قيمة شدة مجال خلال فترة 24 ساعة. وفي هذه الحالة، وإذا تم تجاوز قيمة العتبة 4 320 مرة في القناة/الدرجة فإن الانشغال سيكون 50%. وفي الرسم البياني الناتج، على نحو ما عرض أعلاه، لا تظهر معلومات عن الزمن، ففي حال انشغال بعض القنوات بنسبة 50% لا تظهر معلومات عن أوقات هذا الانشغال. وينبغي مراعاة هذا القيد عند استعمال هذا النوع من العرض.

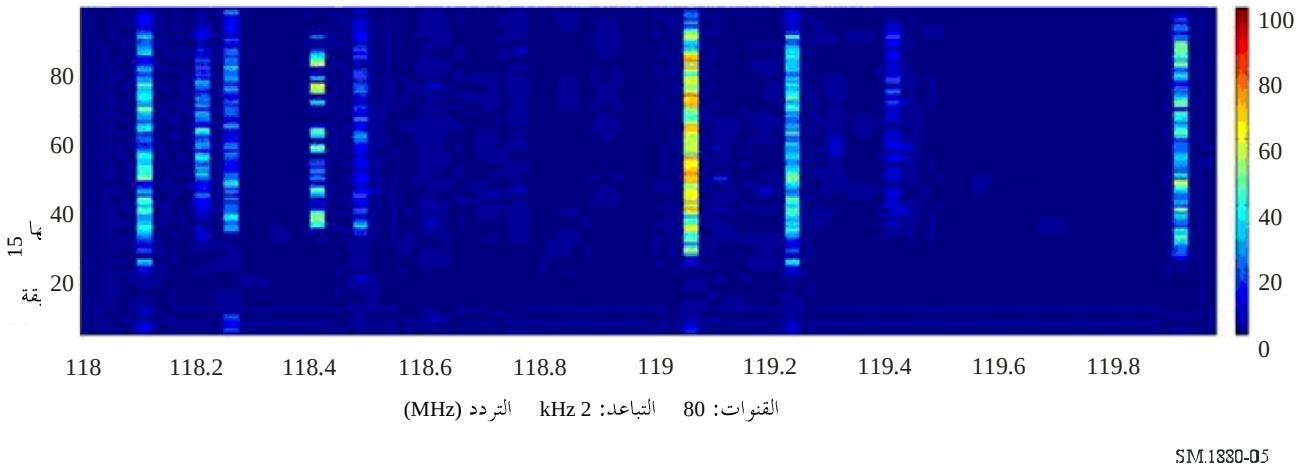
3.6.3 تمثيل انشغال نطاق التردد باستعمال الألوان

من أجل الحصول على لمحة سريعة عن الانشغال يمكن أيضاً استعمال لون لكل قناة ولكل مدة محددة (15 دقيقة عادة). ويبين الشكل 5 مثالاً لذلك.

وتظهر في هذا الشكل المعلومات عن الوقت (96 قيمة/24 ساعة). ويمثل الخط اللوني درجة الانشغال (وليس شدة المجال). ويعطي المحور Y إلى اليسار الوقت ليس بالساعات بل بفترات عددها 96 فترة قوام كل منها 15 دقيقة.

الشـــكل 5

بيان انشغال نطاق التردد باستعمال الألوان (مخطط طيفي)



SM.1880-05