الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R SM.2154 التقرير

(2009/09)

تقنيات قياس الدرجة التي تشغل بها أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى الطيف الترددي

السلسلة **SM**

إدارة الطيف

الاتحاد الدولي للاتصالات

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 تقارير قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REP/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 بعد
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف

ملاحظة: *وافقت لجنة الدراسات على النسخة الإنكليزية لهذا التقرير الصادر 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).

التقـــرير ITU-R SM.2154

تقنيات قياس الدرجة التي تشغل بها أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى الطيف الترددي

(2009)

جـــدول المحتويات

الصفحة

1 المقدمة 2

1.1 لِمَ تراقَب أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD)؟ 2

2.1 كيف تختلف مراقبة أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) عن المراقبة العادية؟ 2

3.1 العلاقة بين مراقبة أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) وعمليات المراقبة الأخرى 2

2 الوصف التقني للقضايا الرئيسية التي يتعين أخذها في الاعتبار عند مراقبة أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) 3

1.2 المواقع 3

2.2 دورية المراقبة واختيار الموقع 3

3.2 سرعة المسح وحساسية الإعدادات 4

4.2 ملاحظات بشأن القياسات في الوقت الفعلي 5

5.2 هل من حاجة لقياسات متنقلة؟ 5

6.2 عتبة الكشف (كيف أبرمج محلل الطيف أو جهاز الاستقبال عندي؟) 6

7.2 الهوائي 9

8.2 جودة نظام الاستقبال 9

3 تحليل البيانات وعرضها 10

1 المقدمة

تطلب دوائر الصناعة مزيداً من الحيز الترددي المعفي من الترخيص بدعوى عدم كفاية نطاقات التردد المتاحة وحتى ازدحامها في بعض الأحيان. ولا يمكن الحصول على رأي متوزان من منظور إدارة الترددات إلا لدى الاحتكام إلى معلومات موضوعية تشمل معلومات مراقبة الطيف الترددي. كما أن العديد من نطاقات التردد غير المخصصة للاستعمالات الصناعية والعلمية والطبية (ISM) والتي تستعملها مختلف الخدمات، تشغلها في الوقت الحاضر أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) مشاركةً في استعمال هذه الترددات على أساس عدم التداخل وغياب الحماية. ولا يرد في هذا التقرير وصف لقياسات النطاق العريض جداً (UWB) أو ما يتصل به.

وتستند القيم النمطية الواردة في هذا التقرير إلى مثال حملة مراقبة نطاق التردد 863-870 MHz. وفيما يتعلق بنطاقات تردد أخرى وأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى في تلك النطاقات، لعل قيماً أخرى تكون أنسب دون تغيير منهجية القياس الأساسية.

1.1 لِمَ تراقَب أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD)؟

بما أن أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) تدخل سوقاً لا تحصر الاستعمال في بلد واحد، يحتاج الاتحاد الدولي للاتصالات أيضاً للنظر في وضع أو تكييف طرائق لمراقبة هذه الأجهزة. ومن الأمثلة على ذلك، شبكة محلية لاسلكية على متن الطائرات، وأجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى لمراقبة الحالة التقنية في أجزاء من الطائرات، وهواتف خلوية بأجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى مدمجة فيها مثل القارئات الحثية، وأجهزة الإرسال الصغرية بالتشكيل الترددي (FM)، والزرع الطبي لأجهزة إلكترونية في الجسم البشري، وكل ذلك يقتضي حيزاً ترددياً مواءماً عالمياً لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى.

2.1 كيف تختلف مراقبة أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) عن المراقبة العادية؟

هناك بعض أوجه اختلاف بين مراقبة أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى والمراقبة التقليدية للطيف الترددي. فلا يقتصر الاهتمام على درجة الإشغال، بل يتعين أيضاً استكشاف فعالية بروتوكولات اللباقة، وهو أمر يمكن تحقيقه عن طريق معالجة بيانات المراقبة. وفي معظم الحالات، لا تلزم إلا معلومات الإشغال، على اعتبار أن التقييس يتولى أمر التنفيذ السليم لبروتوكولات اللباقة. ومن ثم فإن الاختبار على محك المعيار كاف في كثير من الحالات.

3.1 العلاقة بين مراقبة أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) وعمليات المراقبة الأخرى

يمكن لمنظمات المراقبة أن تنفذ مراقبة الضوضاء ومراقبة أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى والمراقبة التقليدية. ولكل هذه الطرائق سماتها التي تنفرد بها، بيد أنها وثيقة الصلة بعضها ببعض لا سيما في حالة أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى.

مهمة المراقبة	النتيجة المتوقعة	الجغرافيا	الطريقة
الضوضاء <30 MHz	آثار ضوضاء الناجمة عن تطبيقات الاتصالات عبر خطوط الكهرباء (PLT) والتوافق الكهرمغنطيسي (EMC) وأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى (SRD) الحثية	محلية في عدد قليل من المواقع المحددة عالمية في موقع استقبال هادئ لتقييم الآثار التراكمية المستقبَلة جراء انتشار الأيونوسفيري	وفق التوصية ITU-R SM.1753 بعد ذلك الارتباط بين المواقع المحلية والعالمية
الضوضاء >30 MHz	آثار ضوضاء الناجمة عن تطبيقات (خدمات) النطاق العريض جداً والبث التراكمي لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى والبث الطفيلي لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى وغيرها	محلية في عدد كبير من المواقع على اختلاف أنواعها	وفق التوصية ITU-R SM.1753
مراقبة SRD	إشغال نطاقات تردد SRD الموزعة/التشاركية	محلية في عدد كبير من النقاط الساخنة على اختلاف أنواعها. وتتعدد نقاط القياس لكل نطاق تردد محدد في كل نقطة ساخنة	وفقاً للمبادئ التوجيهية في هذا التقرير
المراقبة التقليدية	إشغال/تغطية الترددات ونطاقات التردد الموزعة على الخدمات الآثار الطفيلية والأخرى غير المرغوبة والخصائص التقنية لفرادى الأنظمة/المرسلات كما تناسب أنظمة SRD الساكنة مثل مكاملات التعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID)	ثابتة متنقلة في الطريق	مراقبة ثابتة (عن بعد)/ قياسات مراقبة متنقلة /قياسات تحليل الإشارات مراقبة في الطريق/قياسات

2 الوصف التقني للقضايا الرئيسية التي يتعين أخذها في الاعتبار عند مراقبة أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD)

بما أن أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى، في معظم الحالات وليس في كلها، أجهزة إرسال منخفضة الطاقة بدورة تشغيل منخفضة، فإن احتمال رصدها بإعدادات المراقبة الشائعة ضعيف. لذا يُقترح استناداً إلى الخبرات عدم استعمال محطات مراقبة ثابتة، أو ثابتة بتحكم عن بعد، لأنها تكاد تكون دائماً بعيدة جداً عما يدعى "بالنقاط الساخنة" لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى. ويوصى بإعدادات متنقلة أو شبه متنقلة في المواقع التي يرجح فيها رصد هذه الأجهزة. ولا تصح في هذه الحالة التعاريف الشائعة للمواقع وأوصافها مثل المناطق الريفية وشبه الريفية والصناعية وما إلى ذلك.

1.2 المواقع

يمكن للمواقع أن تستند إلى الأجهزة المتوقعة في نطاقات التردد كما ترد في خطط الترددات المرعية. وترد القائمة التالية على سبيل المثال، لا الحصر. ويتعين تعديلها تبعاً للحالة وطنية.

النمط	موقع النقطة الساخنة أو المنطقة الدافئة لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى
التعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID)	مراكز التوزيع ومراكز التسوق والمطارات
الإنذارات الاجتماعية	المستشفيات والمنازل للمسنين
الإنذارات	المناطق الصناعية مع المكاتب
القياس والمراقبة	(مثلا إشارات المرور ومواقف السيارات الخاضعة للتحكم عن بعد) في مراكز المدن
أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى، لا على التعيين	المناطق المكتظة بالسكان
ميكروفونات راديوية	المسارح والملاعب الرياضية لكرة القدم
الإشارات السمعية اللاسلكية	المناطق المكتظة بالسكان
الزرع الطبي لأجهزة إلكترونية في الجسم البشري	في أي مكان ولكن السائد في المستشفيات والمراكز الطبية

وتُستعمل أجهزة التعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID) في نطاق التردد UHF كمثال على ذلك للاعتبارات التالية. غير أن مجال التطبيق يمكن توسعته ليشمل مراقبة أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى الأخرى.

2.2 دورية المراقبة واختيار الموقع

ينبغي أن تتضمن حملة المراقبة أدواراً زمنية تستند إلى الاستعمال المتوقع للترددات، مثلاً دور 24 ساعة في يوم عمل ودور 24 ساعة في يوم من عطلة نهاية الأسبوع لأجهزة التعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID). وبما أن نتائج المراقبة يمكن أن تتغير ضمن مناطق المواقع، من الضروري للحصول على نتائج موثوقة أن تحرَّك الإعدادات كل ساعة أو بدور زمني آخر. ففي مطار مثلاً، يجري التعامل مع الأمتعة بمعظمه تحت الأرض، لذلك فإن القياس عند محطة الركاب يعطي نتائج مختلفة عن القياس في القبو. ولعل بضعة مواقع مختلفة في وسط المدينة تعطي نتائج مختلفة بفعل التحجيب من المباني، فيستفاد إذن من تحريك الإعدادات بصفة دورية. وينبغي الجمع بين نتائج مناطق المواقع النمطية. وما من داع لتزامن الأدوار الزمنية للمراقبة المتبادلة بين الإدارات إذا أجريت حملة مراقبة منسقة، نظراً لعدم وجود جدول زمني أو تزامن يومي بين الاستعمالات في مختلف الدول. وفي معرض وضع الطرائق والمبادئ التوجيهية، يبدو مفيداً أن تواءم بعض المصطلحات، علماً بأن هذه المصطلحات المعرّفة تنحصر صلتها بمراقبة أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى، وتسري على هذا التقرير فحسب. فمواقع النشاط مثلاً تدعى بالنقاط الساخنة والمناطق الدافئة، وينبغي عدم الخلط بينها وبين المناطق الساخنة للأمانة اللاسلكية (WIFI).

المنطقة الدافئة: هي منطقة كبيرة يتوزع النشاط فيها، مثل مرآب للسيارات.

النقطة الساخنة: هي منطقة محصورة فيها نشاط. ويمكن أن تقع نقطة ساخنة داخل منطقة دافئة.

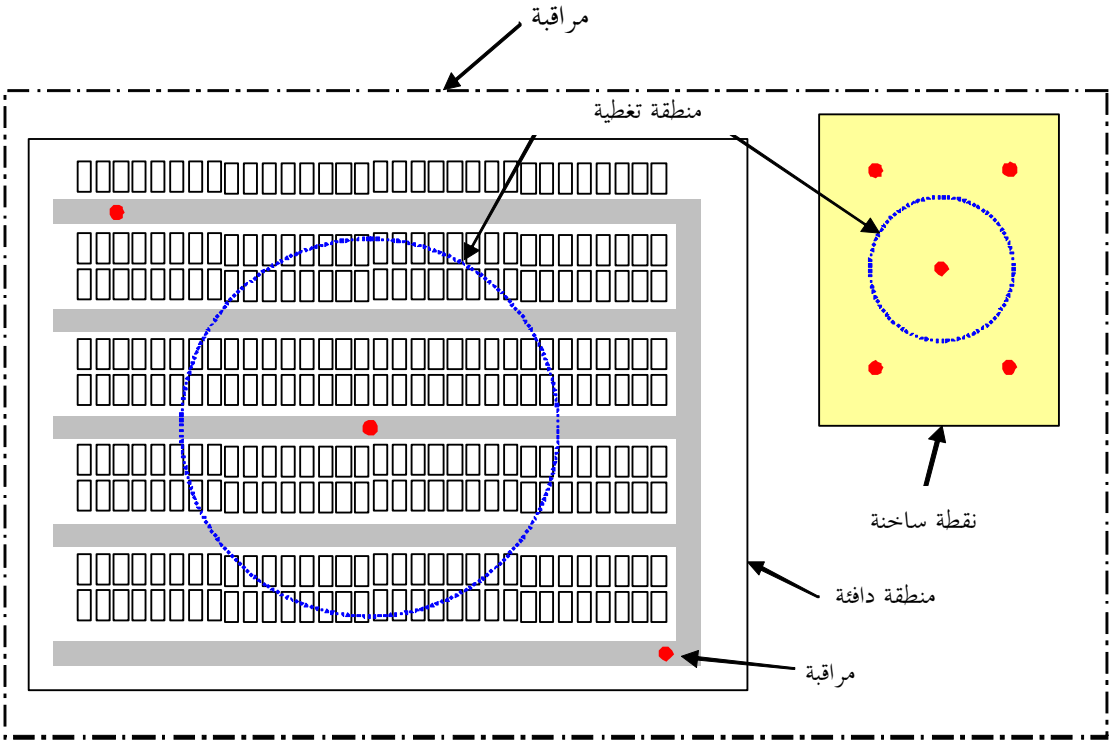
موقع المراقبة: هو موقع يضم نقطة ساخنة أو أكثر و/أو مناطق دافئة.

موضع المراقبة: هو موضع ضمن منطقة دافئة أو نقطة ساخنة تُجمع فيه النتائج في نتيجة قياس واحدة.

منطقة التغطية: هي منطقة حول موضع المراقبة تُستقبل منها الإشارات.

الشـــكل 1

التعاريف



3.2 سرعة المسح وحساسية الإعدادات

يمكن أن تنخفض دورة تشغيل أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى، وليس من غير المألوف أن تبلغ دورة التشغيل 10% فما دون، وأن تتراوح القيم النمطية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) ما بين 25 µW و100 mW. كما يغلب استعمالها في المناطق المحجّبة بالمباني. ومن المغري استعمال أضيق عرض نطاق متوفر للرصد في جهاز استقبال المراقبة، أقلّه، لتجاوز القيود المفروضة على كثافة القدرة الطيفية (e.i.r.p) الناجمة عن جهاز الاتصالات الراديوية قصيرة المدى. سوى أن ضيق عروض نطاق الرصد، وإن حسّن حساسية جهاز الاستقبال، فهو يحد أيضاً من سرعة التسجيل في جهاز الاستقبال. وتُستعمل أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى ضمن مبان يصل تحجيبها إلى 20-30 dB، بحيث ينخفض احتمال التقاط الإشارة بطبيعة الحال.

ومن ثم، ينبغي استقصاء التوازن المناسب بين الحساسية وسرعة المسح. ويوصى بإعدادات تقارَن بنظام قياس الضوضاء الراديوية بدلالة السرعة والحساسية. ويمكن أن تعايَر الإعدادات بواسطة جهاز إرسال اختبار يحاكي مستويات القدرة ودورات التشغيل. ويتعين تحريك نظام قياس أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى ذات التغطية المحدودة إلى مواقع مختلفة لتكوين صورة عن كامل المنطقة في دائرة الاهتمام. ويمكن حساب منطقة تغطية الإعدادات، ويمكن استعمال هذه المعلومات بعدئذ لتحديد عدد المواقع التي يتعين تحريك الإعدادات إليها.

ويجدر الانتباه إلى تعذر الحصول على رقم إشغال تمثيلي دون تضمين توهين الأماكن المحيطة في الحساب النهائي للإشغال. ويمكن استعمال عربة يد أو حامل متحرك لتحريك أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى، مثل جهاز التعرف التتبعي بواسطة الترددات الراديوية (RFID)، عبر الموقع.

4.2 ملاحظات بشأن القياسات في الوقت الفعلي

القياس في الوقت الفعلي هو قياس تؤخذ فيه عينات من إشارة الزمن دون فقدان أية عينة. والسؤال هو هل يلزمنا ذلك لمراقبة أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى؟ ويأتي الرد بالإيجاب إذا ما أردنا تحديد سلوك فرادى الأجهزة أو إذا ما كانت خصائص الإرسال مجهولة، ولكن علينا توخي الحذر. ويأتي الرد سلباً إذا ما استقرت أرقام إشغال الأجهزة بدرجة معقولة وإذا ما عُرفت خصائص الإرسال. فستقوم الأجهزة بالإرسال بأدوار زمنية منتظمة بحيث يرتفع احتمال الكشف. وإذ يعمل مبدأ تكرار أخذ العينات جيداً، فإننا نحتاج لتخيّر سرعة القياس ووقت المعاودة بحرص كيما تحوَّل النتيجة إلى رقم إشغال بدقة معقولة. ولا بد من تفصيل نسبة (دور القياس)/(وقت المعاودة) على مقاس الدور الزمني لإرسال الأجهزة المتوقعة.

وإذا ما استُعمل محلل (رقمي) في الوقت الفعلي، فيجب توخي الحرص كما ذُكر آنفاً، بسبب الظاهرة التالية: لتحويل بيانات الوقت إلى بيانات طيف ترددي، يتعين أخذ مجموعة من العينات على امتداد زمني معيّن. وقد تطرأ تغيّرات ضمن هذه المجموعة من العينات لا تمثيل لها في العرض الطيفي. ونظراً لقصر أوقات الإرسال في أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى (SRD) قد يغالى في تقدير الإشغال إذا ما طال الوقت المختار لمجموعة العينات أكثر مما ينبغي. وتنطبق على هذا النوع من أجهزة التحليل نفس "القواعد" المطبقة على محلل الكنس أو المسح. ونحتاج هنا للقيام بتفصيل للمقاس على غرار محلل الكنس، إنما تتغيّر الصيغة المستعملة كالتالي: (دور القياس)/(وقت أخذ العينات*مساحة النافذة)، ويتعين تارة أخرى أن تستند إلى الدور الزمني لإرسال الأجهزة المتوقعة.

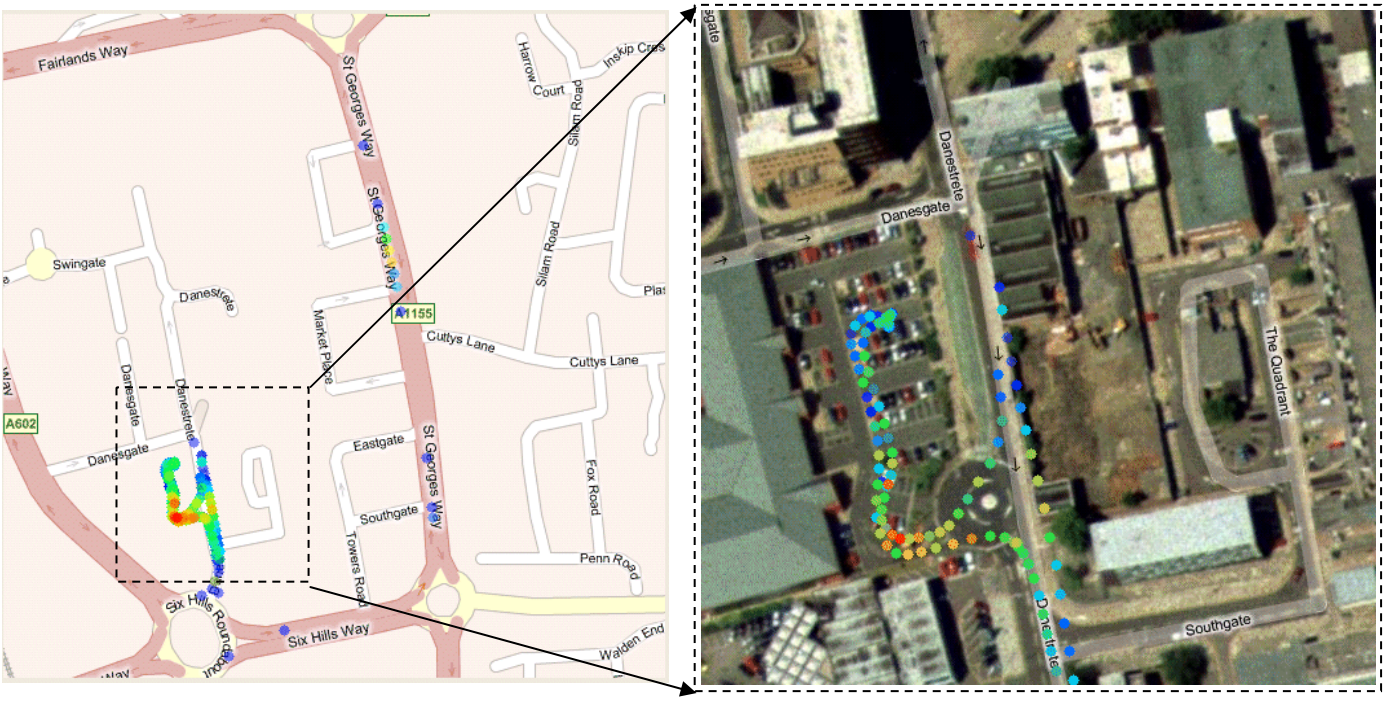
5.2 هل من حاجة لقياسات متنقلة؟

خلصنا في الفقرة 2.2 إلى أن الإعدادات الثابتة لا تعطي نتائج تمثيلية، ولكن القياسات المتنقلة الكاملة لا تعطي الإشغال الفعلي لإشارات يضعف احتمال التقاطها.

ومع ذلك، يمكن استعمال إعدادات متنقلة لاستقصاء وجود أجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) عالية القدرة نسبياً، وللعثور على النقاط الساخنة والمناطق الدافئة. وإذ يوصى باستقصاء متنقل كامل بالإضافة إلى القياس الساكن في نقطة ساخنة أو منطقة دافئة، قد يضعف احتمال التقاط الإشارات بإجراء الاستقصاء المتنقل مقارنةً بالقياسات الثابتة. ويمثل الشكل 2 نتيجة قياس فعلي أجري في مرآب في المملكة المتحدة.

الشـــكل 2

مثال عن القياس المتنقل



6.2 عتبة الكشف (كيف أبرمج محلل الطيف أو جهاز الاستقبال عندي؟)

ترد في الجدول التالي بعض القيم النمطية لعتبة الكشف استناداً إلى محلل طيف من النوع المتوسط. أما معيار الكشف فهو تجاوز الإشارة لعتبة ضوضاء أجهزة الاستقبال بمقدار 3 dB على الأقل.

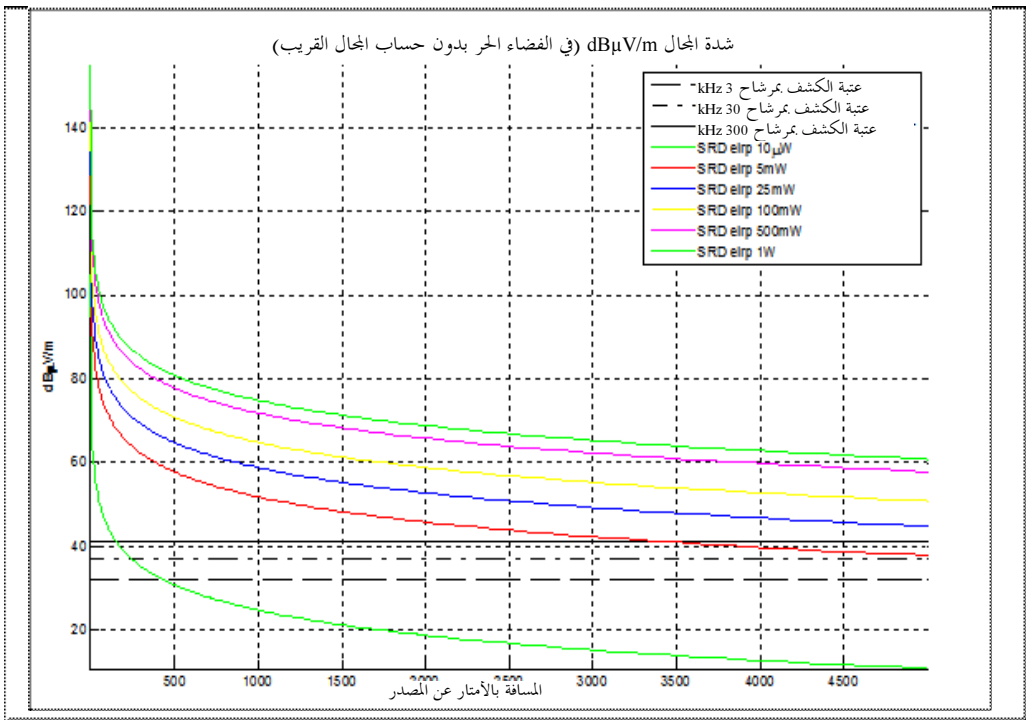
عرض نطاق المرشاح (kHz)	عتبة كشف جهد الدخل (dB(µV))	وقت المعاودة (ms)
1	0	7 000
3	5	780
10	7	70
30	10	10
100	13	2,5
300	14	2,5

- نحتاج أولاً لحساب عامل الهوائي من هوائي المراقبة المزمع، وباستعمال هذه المعلومة نحسب عتبة الكشف لشدة المجال. وتستند شدة المجال هذه إلى افتراض أن الإشارة مواءمة مع عرض نطاق المرشاح المختار أو أنها أضيق منه.
- وتتمثل الخطوة التالية في تقدير التوهين الجداري لجدار واحد وجدرانَ متعددة، وإضافة ذلك إلى عتبة الكشف لشدة المجال.
- وبعتبة الكشف المعدلة هذه ومعرفة القدرة المشعة لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى (القدرة المشعة المكافئة أو القدرة المشعة المكافئة المتناحية)، يمكن حساب المسافة التي يُستطاع ضمنها كشف جهاز الاتصالات الراديوية قصيرة المدى.

ويبين الشكل 3 شدة المجالات لأجهزة اتصالات راديوية قصيرة المدى تختلف فيها القدرات المشعة المكافئة النمطية المأخوذة من تطبيقات نموذجية لأجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى. وتُرسم عتبة الكشف لمختلف إعدادات المحلل بحيث يمكن تقدير تغطية إعدادات القياس.

الشـــكل 3

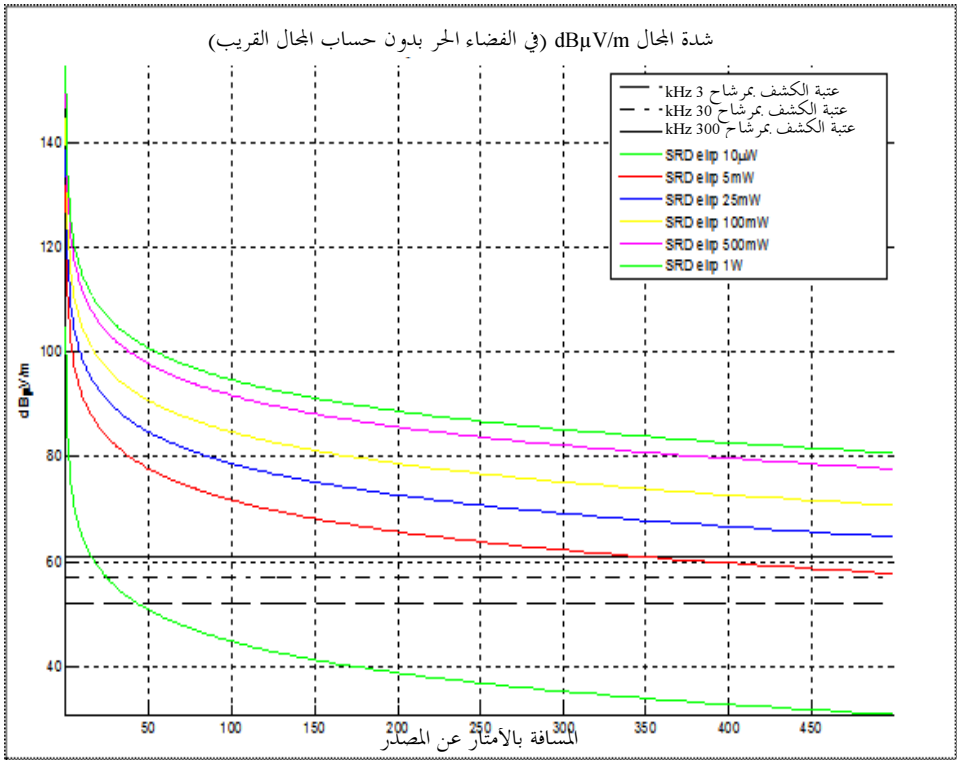
شدة المجال مقابل المسافة في الفضاء الحر



ويبين الشكل 4 النتيجة نفسها بتوهين (جداري) إضافي قدره 20 dB وينحصر محور الإحداثيات x بالخمسمائة متر الأولى من الشكل 2.

الشـــكل 4

شدة المجال مقابل المسافة في الفضاء الحر بتوهين قدره 20 dB

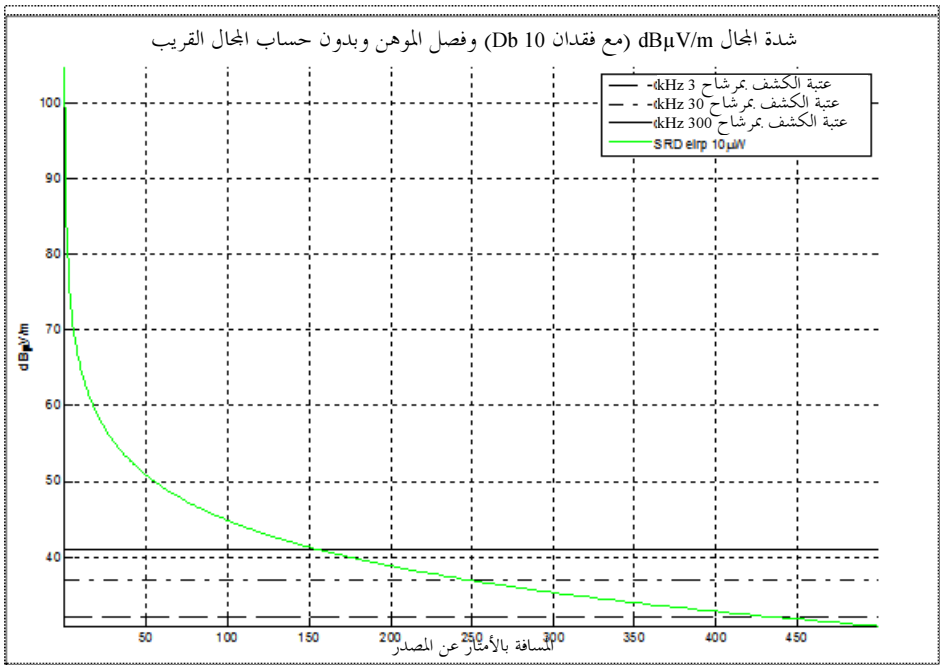


ويمكننا أن نخلص إلى أن ما يكفي من التغطية يحصَّل حتى باستعمال مرشاح kHz 3 وموهّن داخلي لمحلل مضبوط عند dB 10. لذلك لا مشكلة في استعمال جهاز استقبال بأداء أدنى من المحلل المذكور طالما فُصِل الموهّن. ولا مشكلة في قياس الإشغال (وتتعذر قياسات المستوى المطلق جراء ارتياب عدم المواءمة). وحتى توهين جداري بمقدار dB 20 يضمن تغطية نظرية لا تقل عن 350 متراً بأعرض إعدادات مرشاح التردد المتوسط وبقدرة مشعة مكافئة متناحية لجهاز الاتصالات الراديوية قصيرة المدى بمقدار mW 5. وقد أظهرت التجارب أن مكبراً أولياً بمرشاح انتقاء مسبق يمكن أن يفيد أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى ذات القدرة المنخفضة في المناطق ذات التوهينات الجدارية المتعددة.

بيد أن الإشكالات تظهر عند قياس أجهزة ذات قدرة منخفضة جداً وأجهزة النطاق العريض منخفضة القدرة، مثل جهاز التعرف التتبعي بواسطة الترددات الراديوية (RFID). إذ يتعين كشف أجهزة التعرف التتبعي هذه بمرشاح تردد متوسط 200 أو kHz 300 بسبب عرض نطاقها. وإذ يحد التوهين الجداري من مدى الكشف إلى أقل من عشرة أمتار، يتعين استعمال محلل حساس عالي الجودة وفصل موهنّه كي يصبح احتمال التمكن من التقاط إشارات هذه الأجهزة معقولاً. ويتعين اجتناب التوهين الجداري. ومفاد ذلك القيام بالقياس داخل المباني بمسح المنطقة بأجهزة قياس منصوبة على عربة أو حامل متحرك. وتبدو التغطية كما في الشكل 5 عندما نفترض توهيناً جدارياً بمقدار dB 10، وعدم تشغيل موهّن المحلل، ومرشاح kHz 300.

الشـــكل 5

شدة المجال مقابل المسافة عن جهاز التعرف التتبعي بواسطة الترددات الراديوية (RFID)



ولا طائل من تقدير تغطيات تزيد عن 500 متر للقياسات على الأرض، نظراً لتعدد عوامل التوهين الموجودة؛ بل تبين القياسات العملية تراجعاً في التغطية في معظم الحالات.

القدرة	دورة التشغيل (%)	مدى كشف خسارة dB 20 عند التردد المتوسط kHz 30 (m)	مدى كشف خسارة dB 10 عند التردد المتوسط kHz 30 بدون موهن (m)
μW 10 (–20 dBm)	100	55	150
mW 5	100-10	500<	–
mW 10	10-0,1	500<	–
mW 25	10-0,1	500<	–
mW 100	%10>	500<	–
mW 500	%10>	500<	–
W 1	%10>	500<	–

ويمكننا أن نستنتج ما يلي:

- أن ضبط مرشاح التردد المتوسط (IF) عند 30 أو 25 kHz يناسب جميع القياسات، إلا تلك الخاصة جهاز التعرف التتبعي بواسطة الترددات الراديوية (RFID)، ويقابلها وقت معاودة قدره 10 ms. وسيبلغ نصف قطر التغطية حوالي 500 متر كحد أقصى.
- ويناسب ضبط مرشاح التردد المتوسط (IF) عند 300 kHz قياسات التعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID)، على افتراض أن موهن المحلل مفصول، وأن مجمل التوهين الجداري والبيئي لا يزيد عن 10 dB. عندئذ، سيبلغ نصف قطر التغطية حوالي 150 متراً.
- ولا طائل من تقدير تغطيات يزيد نصف قطرها عن 500 متر، نظراً لتعدد عوامل التوهين الموجودة.
- وأن مكبراً أولياً بجهاز انتقاء مسبق يمكن أن يفيد جهاز تحليل أو استقبال من النوع المتوسط في حالات التوهين الجداري الشديد.

7.2 الهوائي

يقارَن القياس في نقطة ساخنة لجهاز اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD) بقياس الضوضاء الراديوية، من حيث تعذر تحديد اتجاه معيّن يرد منه معظم الإشعاع غالباً. والاستثناء هو مكاملات التعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID) ذات القدرة العالية نسبياً. ويستفاد من استعمال هوائي رأسي بكسب رأسي كصفيف الهوائيات على استقامة واحدة، أكثر من استعمال هوائي رأسي ذي مستوٍ أرضي أو هوائي لوغاريتمي دوري، إلا إذا كان هناك مؤشر قوي بأن أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى ترسل بزوايا مرتفعة. ففي تلك الحالة، يمكن إجراء قياسات بهوائيات اتجاهية أو هوائيات رأسية منخفضة الكسب. ويفضل استعمال هوائي منفعل يعقبه مرشاح نطاق تردد ومكبر أولي أو هوائي فاعل، على استعمال هوائي فاعل عريض النطاق؛ لأن نتائج القياس عرضة للاختلال حتى من أصغر منتجات التشكيل البيني (IM).

8.2 جودة نظام الاستقبال

يمكن استعمال نظام استقبال مراقبة عادي لمراقبة جهاز اتصالات راديوية قصيرة المدى (SRD). ولكن جودة بيانات المراقبة تتوقف حصراً على جودة جهاز الاستقبال لأن المراقبة السمعية غير عملية. وإذ يصعب فصل منتجات التشكيل البيني عن الإرسالات الأصلية لجهاز الاتصالات الراديوية قصيرة المدى، ينبغي استبعادها بطريقة تقنية نوعاً ما. ويحتاج النظام لتوازن محدد بين الحساسية والخطية. فإذا احتاج جهاز الاستقبال لمكبر أولي، يرجح احتياجه أيضاً لمرشاح انتقاء مسبق.

فالإعداد النمطي، المؤلف من محلل ذي عامل ضوضاء قدره 8 dB ونقطة التقاط (IP) من الدرجة الثالثة قدرها 25 dBm، يحتاج إلى مكبر أولي بمقدار 10-15 dB ومرشاح انتقاء مسبق.

3 تحليل البيانات وعرضها

يعطي المخطط الطيفي فكرة عن ديناميات نطاقات التردد، ويستفاد منه كمصدر للحصول على معلومات إضافية. ويظهر مخطط الإشغال تفاصيل الإشغال لكل موقع غير مرئي في النسق المجدول، لذلك ينبغي إضافته أيضاً. ولهذه المخططات، ينبغي اختيار استبانة أدنى من أعلى عرض نطاق في نطاقات التردد ذات عروض النطاق المختلطة لأجهزة الإرسال.

ويمكن افتراض أن أرقام إشغال الطيف الترددي تعتمد على البلد الذي يُشغَل فيه إلى حد كبير. ومن ثم، يُستحسن إجراء تحليل يستند إلى عمليات الرصد ضمن بلد ما عند القيام بحملة مراقبة دولية. وينبغي لأرقام الإشغال أن تمثل قيماً تعلو بمقدار 10 dB فوق عتبة الضوضاء الفعالة (rms) لجهاز الاستقبال. وينبغي تمثيل التحليل اليدوي للأرقام وتأويلها بمخططات إشغال؛ أي النسبة المئوية للاستعمال عبر قطاعات تردد معينة. فمثلاً، لا يمكن استعمال إلا حيز التعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID) لبيان إمكانية التشارك.

ويمكن استعمال شكل مجدول كالذي يرد أدناه. أما القيم التي لا تقاس فعلياً فهي مجرد أمثلة. ويتعين تعديل الجدول/تفصيله وفقاً لنطاق التردد الذي ترد الحركة ضمنه. وترد بعض الأمثلة، حيث يمكن استعمال أرقام الإشغال لبيان الموقع تبعاً لإمكانيات التشارك.

وتُحسب أرقام الإشغال باستعمال مصفوفة التردد والوقت، وفيها كل قيمة تعلو بمقدار 10 dB فوق عتبة الضوضاء الفعالة (rms) المذكورة لجهاز الاستقبال يمكن اعتبارها مشغولة. وينبغي عدم استعمال النمط التقليدي من الإسكات الديناميي أو العتبة الدينامية مما يُضبط على فترات طويلة نسبياً نظراً للخصائص الضوضائية لإرسالات أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى (SRD). وينبغي استعمال عتبة ثابتة تستند إلى جهاز الاستقبال الفعلي وعتبة ضوضاء البيئة المقيسة. ويتمثل الاحتمال الآخر في تحديد عتبة الضوضاء على أساس كل مسح على حدة، وضبط العتبة وفقاً لذلك.

وبالنظر إلى عرض نطاق الاستبانة وعرض نطاق أجهزة الإرسال، سترتبط بعض القيم تبعاً لنطاق التردد المراقَب. وليس ذلك بمشكلة لأننا لا نجري تحليلاً لعدد من الأجهزة في نطاق تردد معين.

الموقع	النمط	الإشغال (%)			
		الإجمالي	غير محدد	إنذارات	إشارة سمعية
		870-863	868,6-868,0 868,2-868,7 869,5-869,4 870,0-869,7	869,300-869,250 869,700-869,650 869,250-869,200 869,400-869,300	865,0-863,0 865,0-864,8
مركز التجارة العالمي، أمستردام	مكتب	20	0	2	0
مركز التجارة العالمي، أمستردام	مرآب	3	2	0	0

الموقع	النمط	الإشغال (%)		
		الإجمالي	غير محدد	RFID
		870-863	868,6-868,0 868,2-868,7 869,5-869,4 870,0-869,7	865,6-865,0 867,6-865,6 868,0-867,6
شيفول	منطقة التعامل مع الأمتعة	20	0	20
شيفول	منطقة تسوق	5	0	5
شيفول	مرآب طويل الأجل	1	1	0
شيفول	مرآب قصير الأجل	2	2	0

الموقع	النمط	الإشغال (%)	
		الإجمالي	ترخيص محدد بالقدرة العالية
		870-863	867,6-865,4
محدد	محدد	30	80

يُظهر الشكلان 6 و7 سيناريوهان نمطيان في نطاق التردد 863-870 MHz. فيجرى استقصاء في مركز المدينة وآخر في منطقة التعامل مع الأمتعة في مطار. وتتطابق إعدادات المحلل وتشكيلة الهوائي في كلتا الحالتين. ورغم أن هذا استقصاء واحد في نقطتين ساخنتين، يمكن للمرء أن يستنتج شيئاً بشأن إمكانيات التشارك.

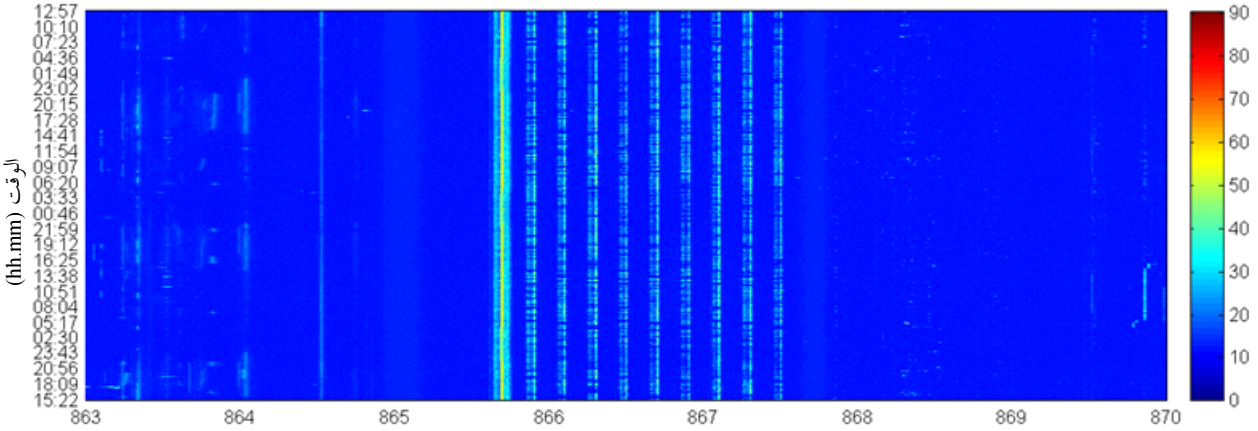
وبما أن مراقبة أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى (SRD) لا تنحصر في نطاقات الترددي التي تستعملها هذه الأجهزة، قد تدعو الضرورة إلى التمييز ما بين إرسالات أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى وإرسالات الاستعمالات الصناعية والعلمية والطبية (ISM) أو إرسالات الخدمات. وفي بعض الحالات، تتعذر إزالة إرسالات الاستعمالات الصناعية والعلمية والطبية (ISM).

والإرسالات المغايرة لإرسالات أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى من مجموعة البيانات. ولكن يمكن استعمال الأساليب الإحصائية المتقدمة لإزالتها. ويرد وصف بعض من هذه الطرائق في التوصيات والتقارير المتاحة بشأن قياس الضوضاء الراديوية. فإن استحالت الإزالة، يقضي نهج المراقبة التقليدية بقبول هذه الإرسالات مع مراعاة أثر الإشغال الفعلي كعامل يخفض الدقة المطلقة للقياس. ويُنصح بإجراء تقييم دقيق للإشغال المحتمل المزمع قياسه في نطاق التردد، للوقوف على ما إذا كانت الحاجة تدعو إلى هذا النهج.

الشـــكل 6

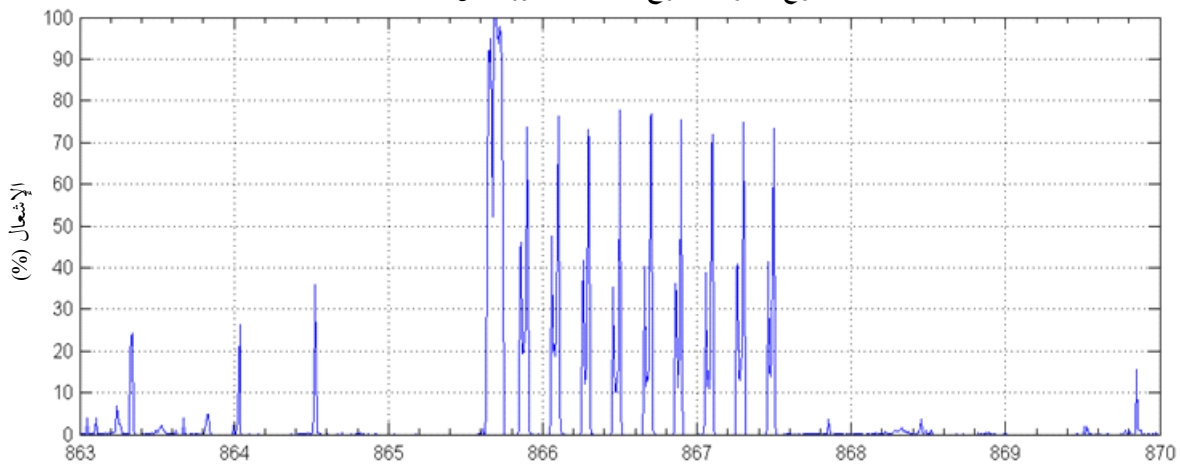
تسجيل الطيف الترددي MHz 870-863 في منطقة تعرف بواسطة الترددات الراديوية (RFID) مأهولة بالسكان

© حملة FM22 SRD/RFID، الموقع: شيفول 52.18.21 1 شمالاً و004.45.43 شرقاً، بتاريخ 2008-10-01



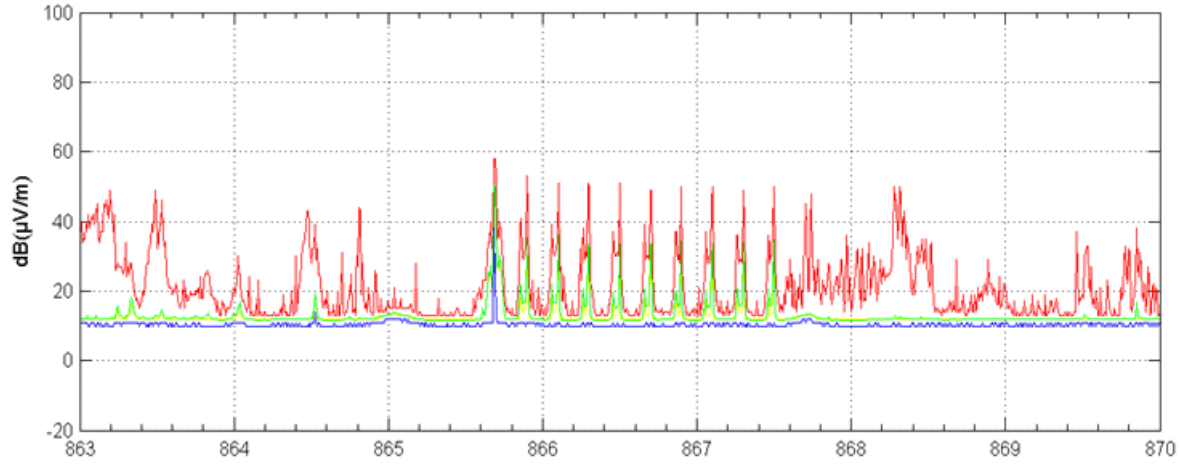
التردد بوحدة MHz، بالخطوة 7 kHz، عرض نطاق الاستبانة (Rbw) = 9 kHz، وقت المسح = 60 ثانية

© حملة FM22 SRD/RFID، الموقع: شيفول 1، بتاريخ 2008-10-01، دور القياس: h69,68، العتبة= 19 dB (µV/m).



التردد بوحدة MHz، بالخطوة 7 kHz، عرض نطاق الاستبانة (Rbw) = 9 kHz، وقت المسح = 60 ثانية، مجمل إشغال النطاق = 3,93%،
إشغال نطاق (865-868 MHz)=8,39%

© حملة FM22 SRD/RFID، الموقع: شيفول 1، قيم الطيف القصوى (r) والمتوسطة (g) والوسطى (y) والدنيا (b) بتاريخ 2008-10-01

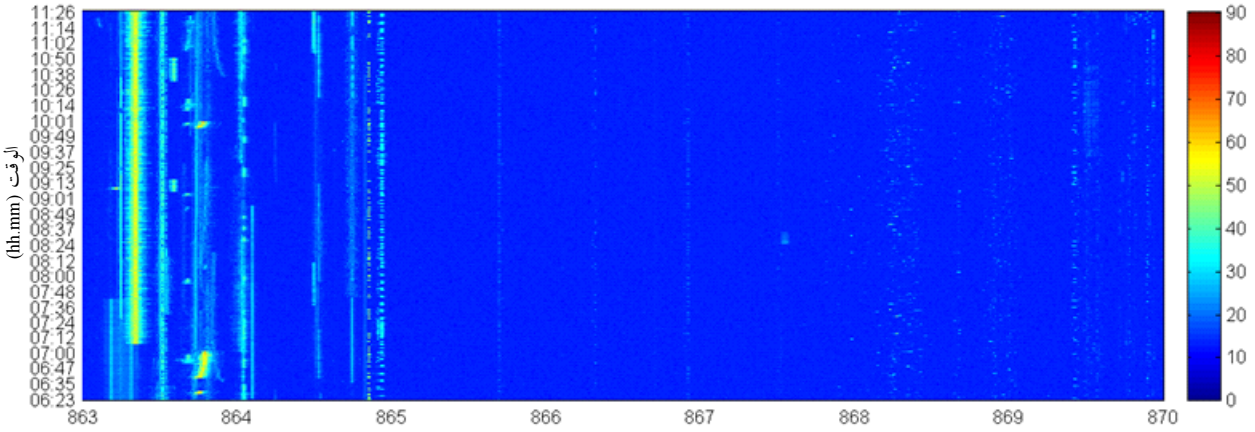


التردد بوحدة MHz، بالخطوة 7 kHz، عرض نطاق الاستبانة (Rbw)=9 kHz، وقت المسح=60 ثانية

الشـــكل 7

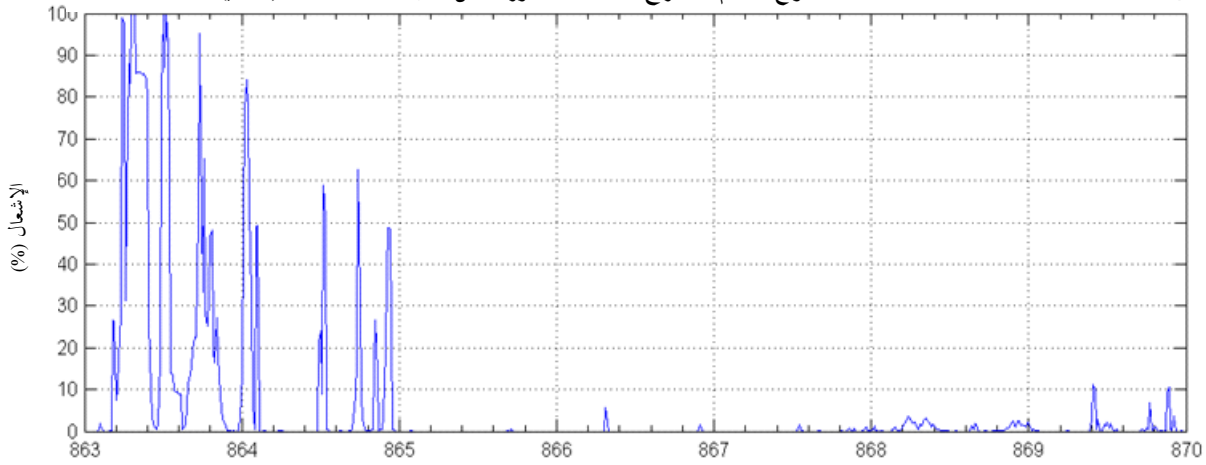
تسجيل الطيف الترددي 863-870 MHz في منطقة في المدينة مأهولة بالسكان

© حملة FM22 SRD/RFID، الموقع: شيدام 1 51.56.17 شمالاً و004.22.12 شرقاً، بتاريخ 2008-10-08



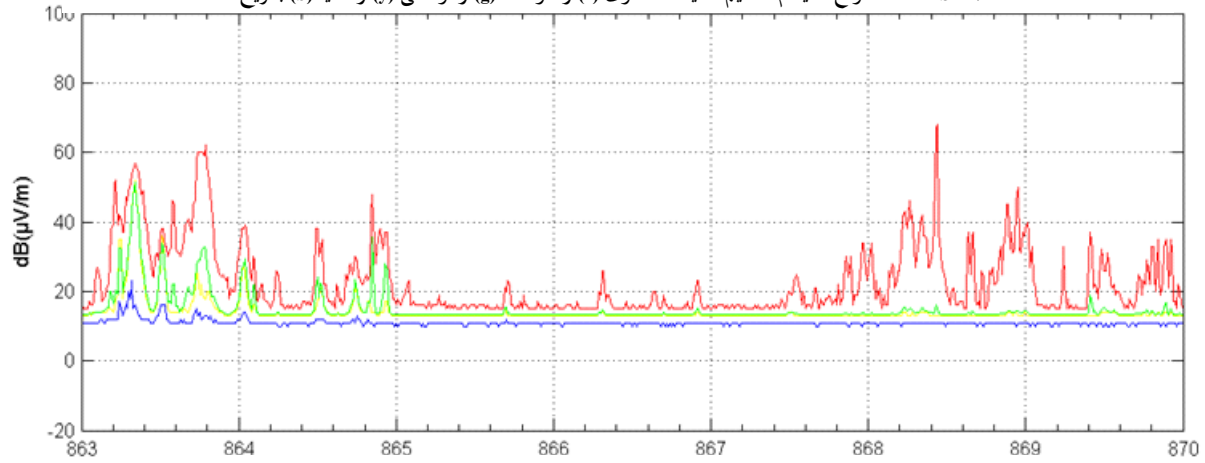
التردد بوحدة MHz، بالخطوة 10 kHz، عرض نطاق الاستبانة (Rbw)=15 kHz، وقت المسح=60 ثانية

© حملة FM22 SRD/RFID، الموقع: شيدام 1، بتاريخ 2008-10-08، دور القياس: 4,64 h، العتبة= 20 dB(µV/m).



التردد بوحدة MHz، بالخطوة 10 kHz، عرض نطاق الاستبانة (Rbw) = 15 kHz، وقت المسح = 60 ثانية، مجمل إشغال النطاق=5,91%،
إشغال نطاق (MHz 868-865) = 0,07%

© حملة FM22 SRD/RFID، الموقع: شيدام 1، قيم الطيف القصوى (r) والمتوسطة (g) والوسطى (y) والدنيا (b) بتاريخ 2008-10-08



التردد بوحدة MHz، بالخطوة 10 kHz، عرض نطاق الاستبانة (Rbw)=15 kHz، وقت المسح=60 ثانية